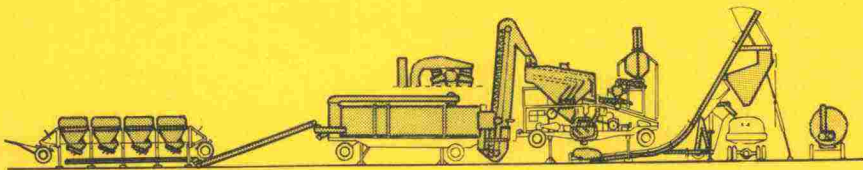


Va

PÄÄLLYSTESUUNNITTELU 1978



TIE - JA VESIRAKENNUSHALLITUS

Tienrakennustoimisto 1978

PÄÄLLYSTESUUNNITTELU

1978

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
1. JOHDANTO	3
2. PÄÄLLYSTESUUNNITTELUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	3
2.1 Yleistä	3
2.2 Alusta	4
2.3 Liikenne	15
2.4 Suunnittelun tavoitteet	18
2.5 Kestoikien arviointi	19
2.6 Kyseeseen tulevat toimenpiteet	29
3. PÄÄLLYSTELAJIT JA NIIDEN UUSIMIS- JA KORJAUSTAVAT	31
3.1 Yleistä	31
3.2 Asfalttibetonipäällysteet	31
3.3 Massapintaus	33
3.4 Kuumennuspintaus	34
3.5 Jyrsintä	35
3.6 Urapaikkaus	36
3.7 Sirotepintaus	37
3.8 Kylmäsekoitteiset päällysteet	38
3.9 Muut päällysteet	39
4. PÄÄLLYSTEEN JA SEN KORJAUSTAVAN VALINTA	39
4.1 Yleistä	39
4.2 Taloudelliset vertailulaskelmat	40
4.3 Muut valintaperusteet	44
5. PÄÄLLYSTEMASSAN SUHTEITUS	46
5.1 Yleistä	46
5.2 Asfalttibetonimassat	49
5.3 Tasausmassa	54
5.4 Sidotun kantavan kerroksen massat ja syväasfaltti	54
5.5 Valuasfaltti	55
5.6 Öljysora	56
5.7 Sirotepintaus	57
Kirjallisuutta	59
Liitteet 1—16	60—

1. JOHDANTO

Tämän julkaisun tavoitteeksi on asetettu antaa päällystystöiden suunnittelijoille ja toteuttajille tarvittavia teknisiä ja taloudellisia perusteita ja myös arviointitapoja ratkaisujen tekoa varten. Näitä on kerätty ja sulautettu yhteen kotimaisista sekä ulkomaisista tutkimuksista ja kokemuksista. Julkaisussa käsitellään täten päällystevaurioiden, erityisesti kulumisen syitä ja vähentämismahdollisuuksia sekä annetaan perusteita päällystelajin sekä korjaustavan valintaan. Myös pyritään antamaan tietoja eri päällystemassojen seossuhteiden määräämiseksi ja näkökohtia siitä, miten eri raaka-aineet ja suhteitustekijät vaikuttavat tuotteen ominaisuuksiin ja käyttökelpoisuuteen, erityisesti kulutuskestävyyteen.

Yhtenä tämän julkaisun pyrkimyksenä on, että ryhdyttäisiin entistä taloudellisempaan ja yksilöllisempään kulutuskerron suunnitteluun. Tällöin mittapuuksi on otettava toimenpiteestä koituvat tienpitäjän vuosikustannukset sekä sen liikenteelle tarjoama palvelutaso. On tehtävä tarvittavia vertailulaskelmia eri vaihtoehdoista. On eliminointava toisaalta ennenaikaiset päällysteiden uusimiset sekä kohteeseen nähden ylikorkea päällysteen laji ja laatu ja toisaalta saatava vaativiin kohteisiin suorituskyvyltään riittävä ja turvallinen päällyste. Paikkaus- ja korjaustoiminnan osuutta kannattaa yleensä lisätä suhteessa uusimistöihin. Päällystekiviaineksen hankinnassa laatu- ja kustannuksella saatu säästö voidaan menettää moninkertaisesti päällysteen kestoajan vähennyttyä. Maan eri puolilla ja tieverkon eri osilla päällystekulutus, raaka-aineiden saanti, päällysteen alusta ja muut kulutuserroksen valintaan vaikuttavat tekijät ovat erilaisia ja yksilöllisesti huomioon otettavia.

2. PÄÄLLYSTESUUNNITTELUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

2.1 Yleistä

Päällysteen suunnittelu on osa tien rakenteellista suunnittelua. Päällystesuunnittelua voidaan tarkastella sekä uuden tien päällysterakenteen että vanhan tien vahvistamiseksi tai korjaustoimenpiteen suunnittelun osana. Tässä yhteydessä voidaan erottaa seuraavat eri tapaukset:

- uusi tie
- vanha tie, joka joudutaan korjaamaan päällystevaurioiden vuoksi
- vanha tie, jolla on vaurioita ja jonka kantavuus pitkällä ajalla ei riitä
- vanha tie, joka joudutaan vahvistamaan riittämättömän kantavuuden vuoksi

Päällysteen suunnitteluun ja kyseeseen tulevan toimenpiteen valintaan vaikuttavat lähtö- ja alustan laatu ja kantavuus sekä vauriot ja liikenne. Toimenpiteen luonnetta määriteltäessä tulee ottaa huomioon lähtö- ja tavoitekantavuus. Tavoitekantavuus määräytyy liikenteen ja tarkasteluajan perusteella lasketun kuormituskertaluvun mukaan.

Tarkasteluajan pituutena on teiden rakenteellisessa mitoituksessa yleisesti käytetty 20 vuotta. Tämän pituista tarkastelujaksoa voidaan kuitenkin pitää varsin pitkänä, koska liikenne- ja kustannusennusteiden tarkkuus muodostuu varsin huonoksi. Lisäksi 20 vuoden aikana tie joudutaan korjaamaan vähintäänkin kerran ja vilkasliikenteisen tien kyseessä ollen useita kertoja. Näiden korjaustoimenpiteiden luonteen ja kustannusten ennakoiminen on vaikeaa ja siten niiden mukaanottaminen pitkän tarkasteluajan valinnan myötä muodostaa huomattavan epätarkkuustekijän. Tarkasteluajaksi voidaan valita kunkin toimenpiteen oletettu kestoikä. Toisaalta lyhyempää aikaa kuin suunnitellun toimenpiteen kestoikä ei suositella käytettäväksi. Valittaessa tarkasteluajaksi toimenpiteen kestoikä muodostuu sen arviointi tärkeäksi paitsi taivitekantavuuden myös taloudellisissa vertailuissa käytettyjen vuosikustannusten laskeamisen kannalta.

2.2 Alusta

Tienrakennustöiden yleisessä työselityksessä /1/ ja päällystystöiden työselityksessä /2/ annetaan päällysteen alustalle kantavuus- ja tasaisuusvaatimukset ja alustan viimeistelyohjeet. Nämä ovat lähtökohtana uuden tien päällysteen suunnittelulle. Koska alustan kantavuus- ja tasaisuusvaatimukset ovat aina tietyin materiaali- ja työtapaalinnoin saavutettavissa, vaikuttaa uuden tien päällystetyypin ja päällysteen paksuuden valintaan alustaa merkittävämmiin liikenteen määrä ja koostumus, tienpinnalta vaadittava palvelutaso sekä taloudelliset seikat. Sen sijaan vanhan tien vahvistamis- ja korjaustoimenpiteen valintaan vaikuttaa oleellisesti alustan laatu ja kunto.

Laajoja korjaustoimia vaativia päällystevaurioita ovat meillä yleensä kulumavauriot ja verkkohalkeamat. Runsaat verkkohalkeamat päällysteessä ovat useimmiten merkinä päällysrakenteen heikosta kantavuudesta, mikä tulee ottaa huomioon korjaustapa valittaessa. Tien epätasaisuudet, kuluneisuus, heikko kantavuus yms. korjaus- ja vahvistamistarpeen aiheuttavat tekijät vaihtelevat tien pituussuunnassa. Tällöin saatavat myös taloudelliset korjaus- ja vahvistamistavat vaihdella melko lyhyin välimatkoin. Työteknisesti ja kokonaistaloudellisesti ei korjaustavan tiheä vaihtaminen tule kuitenkaan yleensä kysymykseen. Tämän vuoksi korjattava tie pyritään jakamaan peräkkäisiin mahdollisimman samanlaisiin pitempiin osuuksiin. Tärkeimpänä jakoperusteena tulisi käyttää kantavuutta. Toissijaisesti voidaan samanlaisia osuuksia muodostaa vaurioiden luonteen tai liikenteen tulevan kasvun perusteella.

Mahdollisimman tasalaatuisen tieosuuden mitoittavaksi kantavuudeksi valitaan osuuden kevätkantavuuksien keskiarvo vähennettynä keskihajonnalla (kaavat 1 ja 2).

$$E_{\text{mit}} = \bar{E}_2 - s \quad (1)$$

$$s = \frac{\sqrt{\sum (E_i - \bar{E}_2)^2}}{n - 1} \quad (2)$$

E_{mit} = osuuden mitoitettava kantavuus

\bar{E}_2 = osuuden mitattujen levykantavuusarvojen keskiarvo

E_i = yksittäinen kantavuusmääritys

s = keskihajonta

n = kantavuusmääritysten lukumäärä

Tehtäessä levykuormituskokeita päällysteen päältä on mitatut E_2 -arvot korjattava päällysteen paksuuden ja lämpötilan perusteella määräytyvällä ns. lämpötilakertoimella $/3/$. Alustavassa suunnittelussa voidaan käyttää apuna tierekisterin tietoja tieosien kantavuuksista.

Koska päällysteen kestoikä on keskeinen merkitys korjaustoimenpiteen valinnassa, on tarpeen tietää, mitkä eri tekijät vaikuttavat päällysteen vaurioitumiseen sekä millä tavalla ja kuinka nopeasti vaurioituminen tapahtuu. Suunnittelussa tieosakohtaiset eroavuudet on pyrittävä ottamaan mahdollisimman tarkoin huomioon.

Päällystevauriotyyppejä voidaan ryhmitellä monin tavoin. Näistä ovat meidän oloissamme uudelleenpäällystämistarpeen kannalta merkityksellisiä seuraavat:

- kuluminen, urat ja reiät
- verkkohalkeamat
- epätasaisuus ja epätasaiset paikkaukset.

Muut vauriot eivät yleensä aiheuta yhtä vakavia haittoja tai ne ovat pienehköin paikkaustoimin korjattavissa.

Kuluminen

Nastarengasliikenne aiheuttaa valtaosan tiepäällysteiden kulumavaurioista. Muita kulutustekijöitä ovat sää- ja ilmastotekijät, kuten toistuva jäätyminen ja sulaminen sekä kosteus, kumipyöräliikenne erikoisesti raskaat ajoneuvot, kunnossapito kuten lumen ja jään poisto, suolaus ja hiekoitus sekä päällysteen alustasta, erikoisesti sen huonosta kantavuudesta johtuvat tekijät. Seuraavassa tarkastellaan yhtenäisemmin vain nastarengaskulutuksen osuutta. Muita kulutustekijöitä selvitetään eri yhteyksissä.

Nastarengasliikenteen aiheuttama tien urautuminen ja muu kuluminen tapahtuu eri tavalla riippuen mm. tien leveydestä, kaarteisuudesta ja tienopeudesta. Kapealla ja suoralla tiellä on selvimmin nähtävissä kaksi erilaista ajouraa ja niiden välillä melkein kulumaton harjanne. Leveämmällä tiellä ja kaarteissa on profiili usein "kaukalomainen" ilman erillisiä uramuodostumia. Varsinkin viime aikoina on päällysteissä alkanut esiintyä kaksinkertaisia uria, joista toiset ovat henkilöautoliikenteen kulutusuria ja toiset suuremmalla raidevälillä raskaan liikenteen kuormituspainumia tai päällystedeformaatiota. Päällysteen kulumisen saattaa tapahtua paikoin myös tasaisesti koko päällysteen leveydeltä.

Nastojen kuluttava vaikutus kohdistuu kiviainesrakeisiin ja niitä sitovaan mastiksiin. Rakeet kuluvat nastojen iskuista ja raapaisuista tai murskautuvat ja irtoavat osina päällysteen pinnasta. Sideaineen ja hienon kiviaineksen muodostama mastiksi kuluu lähes yksinomaan nastojen raapaisuista. Eräiden kulutusratatutkimusten perusteella voitaisiin olettaa, että päällysteet kuluvat yksinomaan jauhautumalla hienoksi, yleensä 0,074 mm seulan läpäiseväksi jauheeksi. Todellisuudessa aiheuttavat erityisesti raskaat ajoneuvot suurten kiviainesrakeiden lohkeamista, halkeamista, murskautumista ja irtoamista. Kulumisen kokonaismäärästä nämä kuitenkin muodostavat vähäisen osan, mikä voidaan todeta tarkastelemalla kuluneen päällysteen pintaa, jossa suurten kiviainesrakeiden irtoamista tai lohkeamista on nähtävänä.

Rakeita koossa pitävä mastiksi on päällysteen helpoimmin kuluva aineosa. Eräiden kokeiden mukaan on pelkästä mastiksista valmistetun päällysteen kulumisen yli 5-kertainen karkearakeiseen päällysteeseen verrattuna. Toinen helposti kuluva aineosa on pienikokoiset (1—4 mm) rakeet. Vähäinenkin mastiksin kulumisen pienikokoisen rakeen ympäriltä aiheuttaa sen, että rae jää ilman sivusuuntaista tukea ja murskautuu tai irtoaa helposti. Kulutusta hyvin kestävä osa on suurikokoiset (vähintään 16 mm) rakeet, jotka mastiksin vähäisestä kulumisesta huolimatta pysyvät kiinni tukevasti syvällä mastiksissa ja kestävät suuriakin nastavoimia murskautumatta.

Päällysteen kulumisen alkuvaiheessa irtoaa ensin runsaasti mastiksia ja pieniä kivirakeita murskautuu ja irtoaa. Samalla suuret rakeet pyöristyvät ja jäävät koholle päällysteen pintaan. Jos isoja rakeita on päällysteen pinnassa riittävästi, saavutetaan pian tasapainotila, jolloin nastarengas on ensisijaisesti isojen kivirakeiden kannatuksella eivätkä nastat ylety enää täydellä pistovoimalla kuluttamaan mastiksia isojen kiviainesrakeiden välistä. Tämän jälkeen kuluu mastiksi enää vain samalla nopeudella kuin isot kiviainesrakeet. Tällöin ovat karkeat kiviainesrakeet koholla 1—2 mm eli suunnilleen nastaulkoneman verran. Mitä heikompi on karkean kiviaineksen kulutuskestävyys sitä sileämpi on kulunut päällyste.

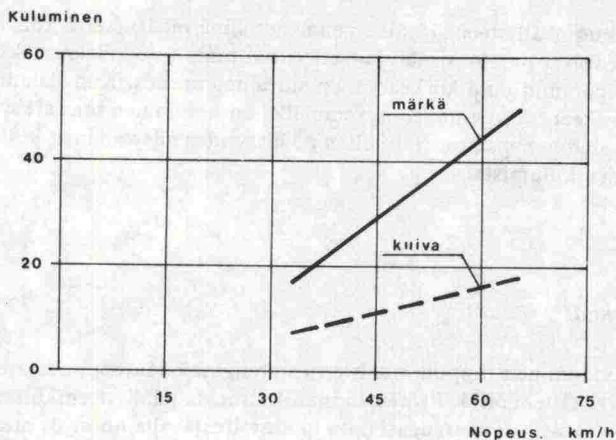
Joskus mastiksia irtoaa karkeiden rakeiden välistä edellä mainittua paljon enemmänkin, jolloin päällyste tulee pinnaltaan karkeaksi ja avoimeksi. Tällöin on kysymyksessä purkautumisilmiö, joka johtuu mastiksin liian vähäisestä määrästä, pienestä bitumipitoisuudesta, sopimattomasta rakeisuudesta, huonosta tiivistyksestä tms.

Hellesäiden tultua päällysteen sideaine pehmenee siinä määrin, että koholla olevat kiviainesrakeet voivat painua sisään ja päällysteen pinta tulee sileämmäksi. Tämä tapahtuu sitä helpommin mitä korkeampi on sideainepitoisuus. Kun kulumista hidastavat karkeat rakeet ovat painuneet syvemmälle, on kuluminen taas syksyllä nastarengaskauden alettua runsasta. Näin ollen päällysteiden sileytyminen kesäkuukausina edistää niiden kulumista.

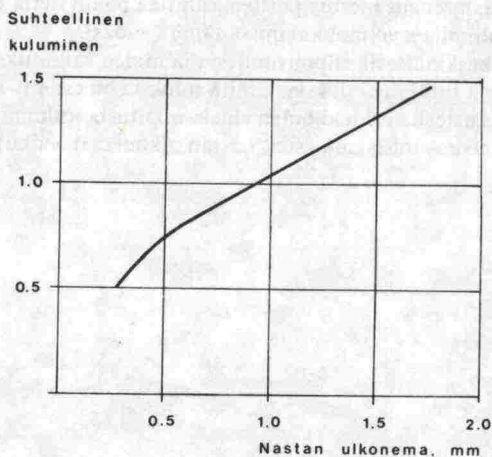
Nastarengastekijät

Päällysteiden kuluminen riippuu monista nastarengasajoneuvoon, nastarenkasiin ja nastoihin liittyvistä tekijöistä. Pyöräkuorman kasvaessa päällysteen kulumisnopeus lisääntyy huomattavasti. Nastarengaslaajilla ja nastoitustavalla on myös merkittävä vaikutus päällysteen kulumiseen. Mitä enemmän renkaan keskiosassa on nastoja, sitä suurempi on päällysteen kuluminen. Edelleen päällysteen kuluminen on suoraan verrannollinen renkaan nastamäärään. Nastan rakenne vaikuttaa ratkaisevasti nastan pistovoimaan, ja sitä kautta myös päällysteen kulumiseen. Kulumisen kannalta on merkityksellinen nastan dynaaminen pistovoima eli voima, jonka nasta kohdistaa päällysteeseen siihen osuessaan. Staattista pistovoimaa käytetään rajoituskohteena pyrittäessä päällysteiden kulumisen vähentämiseen, koska se on helpommin mitattavissa oleva suure ja koska se korreloi dynaamisen pistovoiman kanssa. Dynaamiseen pistovoimaan ja siten myös kulumiseen vaikuttaa myös nastan ulkoneman suuruus ja ajonopeus. Tien osilla, joissa tapahtuu voimakasta kiihdytystä tai jarrutusta (mm. liittymät), aiheuttaa nastarengas hierontaa ja siten kuluttaa päällystettä runsaammin. Myös kaarteissa on kuluminen voimakkaampaa tämän vuoksi.

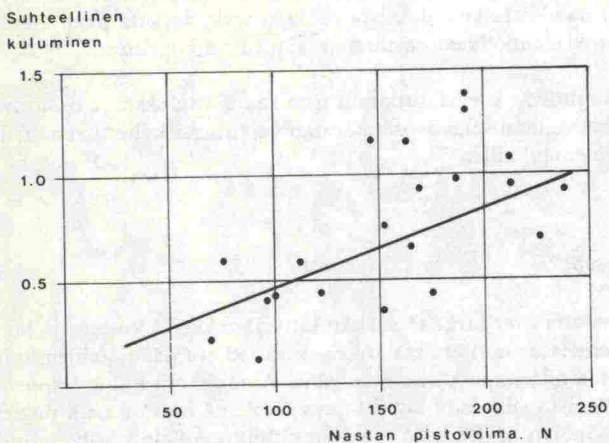
Eri kulutustekijöiden keskinäisestä riippuvuudesta ja niiden vaikutuksesta kulumiseen on olemassa ristiriitaisia tutkimustuloksia. Eräitä tuloksia on esitetty kuvissa 1—4. Arvioitaessa kuvien perusteella eri tekijöiden yhteisvaikutusta kulumiseen on otettava huomioon niiden riippuvuus toisistaan esim. nastan ulkoneman vaikutus nastan pistovoimaan.



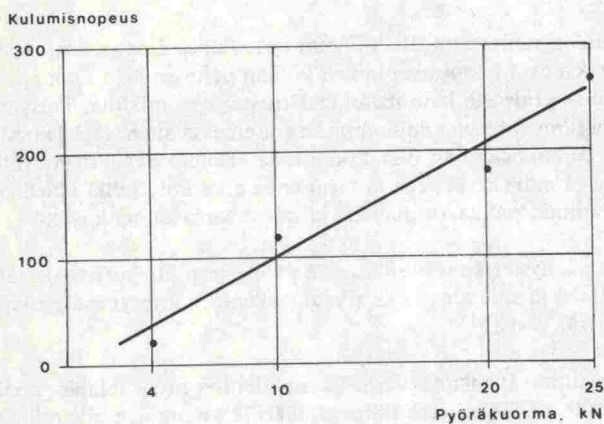
Kuva 1: Ajonopeuden vaikutus kuivan ja märän päällysteen kulumiseen



Kuva 2: Päällysteen kulumisen ja henkilöauton nastan ulkoneman välinen yhteys



Kuva 3: Päällysteen kulumisen ja henkilöauton nastan pistovoiman välinen yhteys



Kuva 4: Päällysteen kulumisnopeuden ja pyöräkuorman välinen yhteys

Käytännöstä ja saaduista koetuloksista voidaan arvioida, että päällysteiden kulumisen on suoraan verrannollinen nastarengasajoneuvon nopeuteen.

Kuvat 2,3 ja 4 esittävät koeratutkimuksista saatuja tuloksia ja osoittavat nastan ulkoneman ja pistovoiman sekä pyöräkuorman vaikutusta kulumiseen. Tulokset on saatu uusilla nastarenkailla.

Sää ja kunnossapito

Kulumisen kannalta ovat tärkeitä sähän liittyviä tekijöitä kosteus ja lämpötila. Laboratorio-olosuhteissa suoritetuissa kokeissa on todettu päällysteiden kuluvan märkänä 2—7 kertaa niin nopeasti kuin kuivana. Ainakin osa kulumisnopeuden lisäyksestä on selitettävissä sillä, että kiven lujuus märkänä on vain noin puolet sen lujuudesta kuivana. Suolan käyttö lisää sen ajan pituutta, jolloin päällyste on kostea. Lisäksi suolauksella poistetaan lumi- ja jääkerros, joka muuten suojaa päällystettä nastarenkailta verrattain pitkän ajan.

Lämpötila vaikuttaa päällysteiden kulumiseen siten, että kuluminen on pienimmillään 0°C tienoilla. Ilmiötä selitetään siten, että alhaisissa lämpötiloissa on renkaan kumi jäykempää ja nastan pistovoima näin ollen suurempi. Lisäksi muuttuu bitumi alhaisissa lämpötiloissa hauraaksi. Korkeammissa lämpötiloissa bitumi taas saa viskoelastisia ominaisuuksia, jolloin nasta pystyy tunkeutumaan syvemmälle mastiksiin ja nastaraapaisut irrottavat enemmän mastiksia. Ilmasto vaikuttaa välillisesti nastojen käyttöaikoihin. Ennen syksyä 1974 oli nastarenkaiden sallittu käyttöaika 1.10.—15.5. eli 7,5 kk koko maassa. Myöhemmin on sallittu käyttöaika Etelä-Suomessa alennettu 6 kk:ksi ja Pohjois-Suomessa 7 kk:ksi.

Ilmaston kosteuden suhteen on Etelä-Suomi epäedullisemmassa asemassa kuin Pohjois-Suomi. Lisäksi ovat päällysteet lumen ja jään peitossa maan pohjois- ja sisäosissa suuremman osan talvesta kuin maan eteläosissa ja rannikolla. Toisaalta Etelä-Suomi on lämpötilan suhteen edullisemmassa asemassa siten, että lämpötila on lähellä 0°C suuremman osan nastarengaskaudesta. Tällöin päällysteet ovat kuitenkin suuren osan ajasta märkiä, ja siten kuluvat enemmän kuin niillä alueilla, missä lämpötila on pysyvämmän pakkasen puolella ja missä suolausta ei käytetä.

Sää rappeuttaa päällystettä myös siten, että päällysteen huokosissa olevan kosteuden toistuva jäätyminen ja sulaminen saa aikaan rakenteen löyhtymistä, joka heikentää kulutuskestävyyttä.

Kaikki edellä mainitut ilmastotekijät sekä mahdolliset muut tekijät vaikuttavat yhdessä sen, että alle 4000 ajon./vrk liikennemäärillä kulumisen maan keski- ja pohjoisosissa Pohjanlahden rannikkoalueita lukuunottamatta on noin 30% vähäisempää kuin maan eteläosissa (U, T, H, Ky-piirit).

Deformaatio

Ajourien muodostuminen ei aina yksinomaan johdu päällysteen kulumisesta, vaan myös päällysteen tai sen alustan muodonmuutoksista eli deformaatiosta. Deformaatiota ja kulumista on kuitenkin vaikea mittauksin erottaa toisistaan. Varmuudella voidaan päällysteen paksuus ja sitä kautta kuluminen mitata poranäytteiden avulla. Rakennekerroksiltaan asianmukaisilla teillä aiheuttaa kuluminen valtaosan ajouran muodostumisesta. Huomattavaa alustan deformaatiota voidaan epäillä, jos tiellä on havaittavissa verkkohalkeamaa tai erilaista epätasaisuutta. Deformaatiota voidaan myös epäillä, jos uran syvyys on paljon suurempi kuin liikennemäärän tai päällysteen ulkonäön perusteella arvioitu kuluminen edellyttää.

Huomattavaa deformatiointia saattaa tapahtua vilkkaasti ja raskaasti liikennöidyillä kapeilla teillä etenkin hellesäällä. Vilkaissa risteyksissä ajoneuvojen jarrutukset ja kiihdytykset tehostavat deformatiointia. Sama ilmiö saattaa tapahtua jyrkissä kaarteissa. Deformatiointiselle alttiita päällysteitä ovat hienorakeisesta kiviaineksesta valmistetut ja runsaasti sideaineita sisältävät päällysteet (mm. valuasfaltti). Deformaatiota voidaan vähentää käyttämällä paljon karkeaa murskattua kiviainesta ja suurta maksimi raekokoa. Deformaation estämiseksi tulee Marshall-lujuuden olla vähintään 2800 N teillä, jossa liikennemäärä on 2000–10 000 ajon/vrk. Vähäliikenteisimmillä teillä riittää 2000 N Marshall-lujuus. Mikäli liikennemäärä ylittää 10 000 ajon/vrk lujuuden tulee vastaavasti olla vähintään 3500 N.

Urautumisesta tulevat haitat

Syvät ajourat aiheuttavat liikenteelle vaaran vesiliirrosta, vaarantavat ohitustilanteita ja lisäävät sadesäällä tuulilaseihin roiskuvun veden ja kuran määrää estäen siten näkyyvyyttä. Samoin uriin kerääntyneen veden jäätyminen aiheuttaa liikenteelle vaaratekijän tienpinnan liukkautena.

Uran syvyys, josta vesi ei enää pääse virtaamaan sivusuunnassa pois, on noin 15 mm. Sen arvo vaihtelee tiekohtaisesti sivukaltevuuden ja uran leveyden mukaan. Koska kitkakertoimen aleneminen ja vesiliirron vaara on sitä suurempi mitä suuremmista nopeuksista on kysymys, tulee urien pohjalle kerääntyneen veden aiheuttama vaaratekijä ottaa huomioon erityisesti teillä, joissa on suuret ajonopeudet. Mainittakoon, että jo 2 mm:n vesikerros riittää aikaansaamaan 80 km/h nopeudella hyvillä renkaila kitkan alenemisen arvoon 0,3 (pyörät lukittuina), mikä vastaa talvikeliä nastarenkailailla. Vilkaasti liikennöidyillä teillä on onnettomuuden mahdollisuus suurempi, joten myös liikennemäärä on otettava huomioon.

Kulumaurista aiheutuu vaara myös ohitustilanteissa. Esimerkiksi 30 mm urat, joiden etäisyys tien keskiviivasta on 75 cm, muodostavat tien keskelle harjanteen, jonka sivukaltevuus on normien mukaisen 2,5%:n sijasta 6,5%. Vuorottaisten urien ja harjanteiden ylittäminen kaistaa vaihdettaessa aiheuttaa erityisesti liukkaalla talvikelillä huomattavan ajodynaamisen vaaratekijän. Vaaralliset raiteensyvytykset saattavat olla

tässä suhteessa 20—40 mm, kun nopeudet ovat vastaavasti 100—60 km/h. Liikenneturvallisuus kärsii myös siitä, kun ajoneuvojen renkaat roiskivat tai nostavat tien pinnalta olevasta vesikerroksesta vettä. 100 km/h nopeudessa jo 1,5 mm:n vesikerros on tässä suhteessa selvästi haitallinen.

Päälysteen kulumisesta tulee liikenneturvallisuudelle merkittävää etuakin, koska karkeaksi kuluneilla päälysteillä on tavallista parempi kitka. Päälyste on sitä karkeampi mitä suurempi on karkean kiviaineksen ja mastiksin kulutuskestävyyden ero. Kulutuskerroksen ohueksi kulumisesta aiheutuu ylimääräistä rasitusta alapuolisille rakennekerroksille, mutta uudelleenpäälystämiset lisäävät sidottujen kerrosten paksuutta keskimäärin 5 mm vuodessa kestopäälystetyillä valta- ja kantateillä, ellei siirrytä lisääntyvästi esim. kuumennuspintauksiin. Näin ollen päälysrakenne, joka on alunperin mitoitettu 20 vuoden kestoajalle, tuleeikin uudelleenpäälystämisten vuoksi helposti tarpeettoman lujaksi.

Yksikerroksisen päälysteen ohueksi kulumisen vaarantaa kuitenkin itse kulutuskerroksen kestävyys. Kun sidottu kerros on kulunut ohueksi, tunkeutuu vesi lajittumakohdista sitomattomaan kerrokseen heikentäen sen kantavuutta. Erityisesti talvella voi pitkään kestävä mären kauden aikana päälysteeseen tulla akkia runsaasti reikiä, jotka ovat vaikeasti korjattavia ja liikenteelle vaarallisia. Jäljellä olevan sidottu kerroksen kriittinen paksuus on noin 20 mm. Tien kunnossapidolle aiheutuu kulumaurista haittaa mm. siten, että lumen ja sohjon poisto urien pohjalta vaikeutuu.

Sallitut kulumat

Kun uudelleen päälystäminen tms. korjaustoimenpide tehdään useimmiten kulumisen takia, on sallitun kulumisen suuruudella huomattava taloudellinen merkitys. Edellä mainitut vaara- ja häirtetekijät ja toisaalta nykyiset valtiontalouden säästöpyrkimykset on seuraavassa tarkastelussa pyritty tasapainottamaan keskenään. Liitteeseen 2 on merkitty yleisohjeet kestopäälysteiden uusimistarpeen määrittämisestä.

Uran pohjalle jäävän veden aiheuttama kitkan heikkeneminen ja vesiliirto on merkittävä liikenneturvallisuutta vaarantava tekijä. Tutkimusten perusteella on katsottu, että tiellä, jolla on 120 km/h nopeusrajoitus, voitaisiin yhdellä prosentilla tien pituudesta hyväksyä 6 mm vesikerros, jolloin uran syvyys olisi 3,5 m:n oikolaudalla mitattuna 21 mm. Tällöin on keskimääräinen ulomman uran syvyys 7 mm em. ääriarvoa pienempi eli 14 mm. Mitattaessa uran syvyys 2 m:n oikolaudalla ovat vastaavat urasyvytydet 19 mm ja 12 mm tien kaistan poikkileikkauksen ollessa kovera. Poikkileikkauksen ollessa taso tai kupera ovat urasyvytydet samat kuin 3,5 m:n laudalla.

Nopeuksilla 50—60 km/h olisi vastaava hyväksyttävä vesikerroksen paksuus noin 15 mm. Ajoneuvo on kuitenkin näillä nopeuksilla helposti hallittavissa, paksumpi vesikerros on huomattavasti harvinaisempi ja mahdollinen onnettomuus on seurauksiltaan lievempi. Näistä syistä on sallittu vesikerroksen paksuus korotettu harkinnanvaraisesti 30 mm:ksi. Vastaava ajouran syvyyden ääriarvo on 45 mm ja keskiarvo 35 mm. (2 m:n oikolaudalla 41 mm ja 31 mm).

Näin saadut kaksi sallittua raiteen syvyyden arvoa on merkitty taulukkoon 1 (liite 2) liikennemäärän yli 6000/vrk kohdalle. Väliarvot nopeuksille 80 ja 100 km/h on saatu interpoloimalla. Pienemmille liikennemäärille on lukuaroja harkinnanvaraisesti korotettu. Uran syvyyden keskiarvon sijasta voidaan käyttää myös sitä uran syvyyden arvoa, jonka 20% mittaustuloksista ylittää. Taulukosta 1 saatavia arvoja on tällöin korotettava nopeuksilla 120—50 km/h vastaavasti 5—8 mm.

Sallittuja urasyvyysä harkittaessa on otettava huomioon tien sivukaltevuuden mahdollinen poikkeaminen ohjekaltevuuksista. Tien sivukaltevuuden pieneneminen (tien "latistuminen") vaikeuttaa veden poistumista urista. Tien sivukaltevuuden ohjearvot on muutettu vuoden 1977 aikana. Uusien ja parannettavien teiden suunnittelussa käytettävät ohjearvot on esitetty TVL:n suunnitteluohjeissa /7/. Uudelleenpäällystettävien teiden ohjeelliset sivukaltevuudet on esitetty liitteessä 1. Sivukaltevuuden kasvattaminen mahdollistaa suuremman urasyvyyden päällysteiden uusimisperusteena käytettäessä samoja sallittuja vesikerroksen paksuuksia.

Leveillä teillä voi kuluminen olla niin tasaista, että ylin päällystekerros kuluu puhki laajoilta alueilta ilman, että kulumauran syvyys ylittää sallittuja arvoja. Mikäli tien kantavuus on riittävä, tulisi päällysteitä uusia samaa vauhtia kuin ne kuluvat, joten ylimmän päällystekerroksen puhki kuluminen on osoitus uudelleenpäällystämisen tarpeellisuudesta. Uusiminen on sopivinta tehdä viimeistään silloin kun puhkikulumia on 20% kahden eniten kuluneen raiteen yhteispituudesta. Uran syvyydestä riippumatta tulisi uusiminen suorittaa myös silloin, kun keskimääräinen sidotun kerroksen paksuus ulomman raiteen pohjassa on 20 mm. Paksuus mitataan poranäytteistä, joita voidaan ottaa esimerkiksi 1 km:n välein.

Verkkohalkeamat ja epätasaisuus

Verkkohalkeamat ovat useimmiten seurausta sitomattomien kerrosten tai pohjamaan heikosta tai heikentyneestä kyvystä ottaa vastaan toistuvia ajoneuvojen aiheuttamia kuormituksia. Ilmiö johtuu yleensä kerrosten kantavuuden huononemisesta lisääntyneen vesipitoisuuden vaikutuksesta. Jatkuvasti toistuvien taivutusten seurauksena päällyste väsyä ja näin syntyvät halkeamat muodostavat melko säännöllisen verkkokuvion. Verkon silmäkoko vaihtelee 10—50 cm ja riippuu lähinnä siitä, millä syvyydellä heikko kerros sijaitsee. Pieni silmäkoko, 10—15 cm, osoittaa, että myötenantaminen tapahtuu ylimmässä sitomattomassa kerroksessa. Sidottuna kerroksena on tällöin yleensä vain yksi 40—60 mm:n päällystekerros ja verkkohalkeamien kohdalla on havaittavissa vähäistä alustan deformatiota (ehkä 10 mm:n luokkaa).

Suuri silmäkoko, yli 30 cm, osoittaa, että myötenantaminen tapahtuu syvempänä olevissa kerroksissa tai pohjamaassa. Alustan deformatuminen on tällöin myös suurempi, ehkä 20—50 mm. Jakavasta kerroksesta tai pohjamaasta johtuvat verkkohalkeamat pyrkivät nopeasti lisääntymään liikenteen ja sateiden yhteisvaikutuksesta ja liikenne aiheuttaa lopulta lohkojen löyhtymistä ja irtoamista. Vaurioiden estämiseksi on heikko kerros poistettava ja korvattava kunnollisella materiaalilla.

Verkkohalkeamat, jotka aiheutuvat ylimmistä sitomattomista kerroksista, syntyvät tavallisesti aikaisin keväällä. Niiden kehittyminen pysähtyy, kun ilmat lämpenevät.

Varsinaisista verkkohalkeamista on erotettava routakohoumista tai päällysteen kutistumisesta johtuvat halkeamat, jotka voivat myös yhdistyä verkkomaisiksi kuvioiksi. Erilaisesta syntymistavasta johtuen näiltä puuttuu kuitenkin toistuvien taivutusten aiheuttamien verkkohalkeamien säännöllisyys, eivätkä ne myöskään samalla tavalla kehity jatkuvasti pahemmiksi.

Verkkohalkeamat lisääntyvät usein kasvavalla nopeudella ja vauriotutkimuksissa on todettu verkkohalkeamien määrän eräissä tapauksissa lisääntyvän vuosittain kaksinkertaiseksi. Verkkohalkeamien yhteydessä esiintyvät epätasaisuudet ja raideurat aiheuttavat liikenteelle haittaa. Suoranaisesti eivät verkkohalkeamat haittaa liikennettä ennen kuin päällystelohkot alkavat löyhtyä ja irrota.

Verkkohalkeamien kehittyminen ja lisääntyminen on yleensä useita vuosia kestävä prosessi. Tässä mielessä on huomattavaa taloudellista merkitystä sillä, missä vaiheessa verkkohalkeamien vuoksi ryhdytään laajoihin korjaustoimiin. Ääritapauksessa voidaan ryhtyä ehkäisevään kunnossapitoon (uusien päällystekerrosten tekemiseen) pelkästään huonojen kantavuusmittausarvojen perusteella, vaikka päällystevaurioita ei vielä ole ehtinyt kehittyä. Uudelleenpäällystäminen voidaan tehdä myös siinä vaiheessa, kun verkkohalkeamien määrä on alkanut voimakkaasti lisääntyä, jolloin samalla tavalla pyritään uusien vaurioiden ennaltaehkäisyyn.

Arvosteltaessa verkkohalkeamien vakavuutta on niiden määrän lisäksi erityisen tärkeää se, kuinka nopeasti verkkohalkeamien määrä on kasvanut tai kasvaa. Periaatteessa ei päällystettä tulisi verkkohalkeamien vuoksi uudelleenpäällystää, ellei ole odotettavissa, että se lähtee purkautumaan lohkoina. Toisaalta kuitenkin voidaan pitää kohtuullisena uusia päällyste, jonka pinta-alasta huomattava osa on verkkohalkeamilla. Kohtuulliseksi määräksi voidaan katsoa 30% ajoratapäällysteen pinta-alasta. Jos verkkohalkeamat ovat keskittyneet lyhyille tien osille, voidaan uusimista lykätä korjaamalla vain pahimmin vaurioituneet kohdat.

Epätasaisuus ei sinänsä ole erillinen vauriotyyppi, vaan mitattavissa oleva päällysteen ominaisuus, johon vaikuttavat yleensä monet erityyppiset vauriot. Epätasaisuuden mittaukseen on kehitetty monenlaisia laitteita. Meillä käytetään yleensä VTT:n tie- ja liikennelaboratoriolla olevaa hinattavaa, yhteenlaskevaa sysäysmittaria. Epätasaisuuden mittayksikkö on tällöin cm/km.

Epätasaisuuden haitat kohdistuvat lähinnä raskaaseen liikenteeseen, linja-autoihin ja kuorma-autoihin, minkä vuoksi henkilöautolla liikkuvalla saattaa olla väärä kuva epätasaisuuden merkityksestä liikenteelle. Epätasaisuuden vuoksi uusiminen on aiheellista, jos epätasaisuusluku ylittää 250—350 cm/km tien nopeusrajoituksesta ja liikennemäärästä riippuen. Näin korkea raja-arvo johtaa siihen, että epätasaisuus tulee harvoin kysymykseen uudelleenpäälystämisen syynä.

2.3 Liikenne

Päälysrakenteen ja sen osana päälysteen suunnitteluun sekä korjaus- ja vahvistamistoimenpiteen valintaan vaikuttaa oleellisesti tietä kuormittava liikenne. Liikennetietoina tarvitaan paitsi liikennemäärä myös liikenteen jakaantuminen ajoneuvoryhmittäin, liikenteen kasvu ja kuormituskertaluvun laskentaa varten ajoneuvoryhmäkohtaiset vastaavuuskertoimet tai painojakautuma. Lisäksi tarvitaan tieosan ajonopeus tai nopeusrajoitus päälysteen uusimistarpeen määrittelemiseksi.

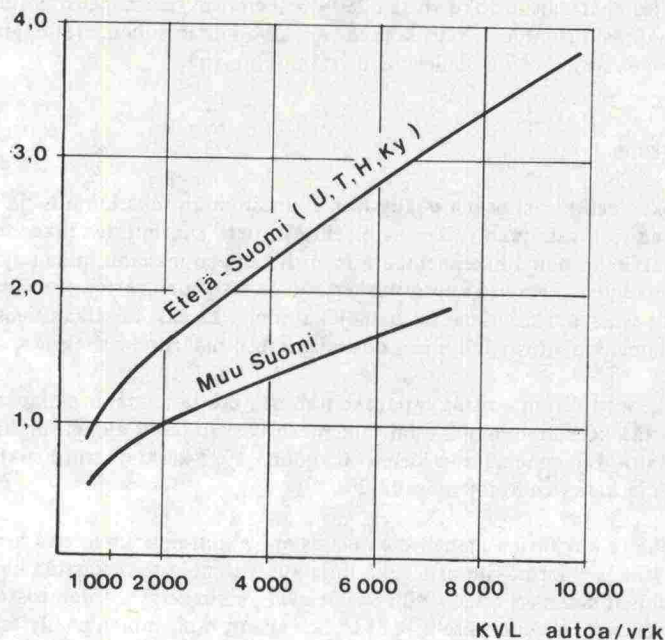
Liikennetiedot tulisi määrittää tapauskohtaisesti, mutta joissakin tapauksissa voidaan käyttää keskiarvotietoja, esim. liikenteen kasvun ja eri ajoneuvoryhmien jakautuman osalta. Liikennemäärän kasvu oli vuonna 1977 keskimäärin henkilöautojen osalta 3% ja kaikkien autojen osalta 2%.

Nastarenkaita käyttävien ajoneuvojen osuus on vakiintunut siten, että henkilöautoista lähes 90% ja kuorma-autoista sekä linja-autoista noin 40% käyttää nastoitusta. Prosenttiluvut maan eri osien välillä vaihtelevat jonkin verran. Vuotuisissa käyttöajoissa erot ovat jo merkityksellisiä /12/. Sen sijaan vanhempien päälysteiden kestokikää ja kulumista tarkasteltaessa on otettava huomioon, että nastat alkoivat yleistyä vasta 1960-luvun alkuvuosina.

Raideuran syvyyden kasvun riippuvuus tien liikennemäärästä (KVL autoa/vrk keskiarvon lopussa) on esitetty kuvassa 5. Voidaan todeta, että jo verrattain vähäinenkin liikenne — 1000 autoa/vrk — riittää kuluttamaan päälystettä yli 1 mm/v, kun taas 10-kertainenkin liikennemäärä — 10 000 autoa/vrk — kuluttaa vain noin 4 mm/v. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että hyvinkin vähäinen liikennemäärä riittää kuluttamaan mastiksia suurempien rakeiden välistä pois yhden talven aikana niin, että nämä jäävät hiukan koholle ja painuvat kesällä sisään, minkä jälkeen sama ilmiö toistuu seuraavan talven kuluessa. Vilkkailta teillä taas kulumisen hidastuu jo alkutalvesta, kun kivet tulevat esiin.

Raskaan liikenteen osuus tien kokonaisliikennemäärästä näyttää vaikuttavan kulumiseen verrattain vähän. Kokonaisuudessaan arvioidaan, että raskaiden ajoneuvojen osuus nastakulutuksesta on n. 25%. Tutkimusten perusteella voidaan arvioida, että raskaan ajoneuvon, jossa havaintojen mukaan on keskimäärin 3,3 nastarengasta, päälysteitä kuluttava vaikutus on n. 4-kertainen verrattuna kevyeen ajoneuvon, jossa on 4 nastarengasta.

Raideuran
syvyyden
lisäys, mm/v



Kuva 5: Raideuran syvyyden vuotuisen kasvun riippuvuus liikennemäärästä kestopäällystetyillä teillä (max. raekoko 18 mm)

Liikenteen keskimääräisen ajonopeuden voidaan olettaa vaikuttavan kulumiseen siten, että suhteellinen kulumisnopeus (mm/v) saadaan jakamalla tien nopeusrajoitus luvulla 90. Liikenteen käyttämien ajolinjojen keskittyminen tien kapeudesta johtuen tekee kulumaurista kapeampia ja samalla syvempiä. Teoreettisesti tarkastellen on ajourien syvyys suunnilleen kääntäen verrannollinen ajoneuvolle sen oman leveyden lisäksi kaistaviivojen välissä jäävään liikkumavaraan. Ajoneuvojen keskimääräiseksi leveydeksi voidaan olettaa 1,8 m. Siten olisi esimerkiksi 3,75 metrin ja 2,75 metrin ajokaistojen kulmaurien syvyyksien suhde muiden tekijöiden pysyessä samana:

$$\frac{3,75 - 1,80}{2,75 - 1,80} = \frac{1,95}{0,95} = 2,05$$

Uloimmat raideurat ovat yleensä syvemmät kuin keskellä olevat. Tämä johtuu siitä, että kevyiden ja raskaiden ajoneuvojen oikeanpuoleiset pyörät osuvat suunnilleen samalle kohdalle, kun taas raskaiden autojen vasemmanpuoleiset pyörät kulkevat lähempänä keskiviivaa kuin kevyiden autojen. Liikenteen ajolinjojen valintaan vaikuttavat tien leveyden lisäksi monet muutkin tekijät kuten liikennemäärä, pientareiden leveys, kevyen liikenteen määrä jne. Tien ajolinjojen tavallista suurempi keskittyminen on arvioitavissa parhaiten päällysteen kulumaurista.

Kulutusennuste

Laadittaessa ennustetta kulutustekijäin, liikenteen, ilmaston, kunnossapidon, tiekohtaisten seikkojen yms. yhteisvaikutuksesta eli kulutusrasituksesta tietyllä tieosalla voidaan arvio perustaa liikennemäärätietoihin, joita tarkistetaan taulukon 1 avulla. Mikäli liikennemäärän kasvusta on teosittain olemassa tarkempia ennusteita, käytetään niitä taulukossa esitetyn kasvukertoimen asemesta. Muunnettakin liikennemäärä kuvaa tulevaa kulutusrasitusta vain karkeasti. Mahdolliset muutokset nopeusrajoituksissa, nastarengasmääräyksissä ja vastaavissa edellyttävät myöhemmin tarkistuksia.

Osatekijä			Kerroin ki
1. Ilmastoalue	U, T, H, Ky		1,0
	V, K-P, O rannikkoalueet		0,9
	Muu Suomi		0,7
2. Nopeusrajoitus v km/h			$\frac{v}{90}$
3. Ajourien keskittyminen L = kaistan leveys; $2,75 \leq L \leq 3,75\text{m}$ (arvioituna vanhasta päällysteestä)			$3-0,6 \times L$ (0,7—1,3)
4. Liikennemäärän keskimääräinen kasvu päällysteen kestoiän (t) aikana			$1,03^{t/2}$

Taulukko 1: Kulutusrasitukseen vaikuttavat osatekijät. Tien liikennemäärä (päällystysvuotena) kerrotaan taulukosta saatavilla neljällä kertoimella, jolloin saadaan kulutusrasitusta kuvaava muunnettu päällysteen kestoiän keskimääräinen liikennemäärä = $k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times KVL$

2.4. Suunnittelun tavoitteet

Suunnittelun tavoitteet vaikuttavat merkittävästi korjaus- ja vahvistamistoimenpiteiden valintaan. Toimenpiteen suunnittelussa huomioonotettavia tavoitteita ovat esim. tien kantavuus ja tasaisuus sekä palvelutaso ja taloudellisuus.

Tieosan tavoitekantavuus määräytyy toimenpiteen kestoikää vastaavan kuormituskertaluvun (100 kN yksikköäkselin ylityskertojen määrä) perusteella. Taulukossa 2 on esitetty tavoitekantavuudet levykuormituskokeen E_2 -arvoina riippuen kuormituskertaluvusta. Taulukossa esitetty kantavuus on laadunvalvontavaatimus, joka on kantavuusmääritysten keskiarvo. Tavoitekantavuuteen pääsemiseksi tarvittava lisäkantavuus voidaan saavuttaa joko sitomattomilla (sora, murskesora tai murske) tai sidotuilla lisäkerroksilla (maabetoni, bitumisoraa tai asfalttibetoni).

Kuormituskertaluku (100 kN yksikköäkselin määrä)	E_2 (MN/m ²)
10 ⁷	420
3 x 10 ⁶	280
10 ⁶	200
3 x 10 ⁵	160
10 ⁵	150
10 ⁴	140

Taulukko 2: Kuormituskertaluvun perusteella määräytyvä ohjeellinen tavoitekantavuus E_2 (TVH:n maatumkimustoimiston laadunvalvontavaatimus).

Lisäkantavuuden saavuttamiseksi tarvittava kerrospaksuus voidaan määrittää esim. Odemarkin menetelmällä tai stabilointiohjeessa /4/ esitetyillä nomogrammeilla. Bitumilla sidottujen päällysteiden (Ab, BS) osalta voidaan arvioida, että 10 mm:n päällystekerros lisää rakenteen kantavuutta n. 8—10 MN/m².

Päällystystöiden työselityksessä on annettu tasaisuusvaatimukset valmiille päällysteelle. Näiltä osin tavoitteet ovat saavutettavissa päällystystyön aikana. Sen sijaan laajemmat pituussuuntaiset epätasaisuudet (painumat) vaikuttavat toimenpiteen valintaan ja sen taloudellisuuteen. Tältä osin tavoitteina voidaan pitää Maarakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeissa (osa IV, kohta 2.4) /5/ esitettyjä sallittuja pituuskaltevuuden muutoksia ja painuman syvyyksiä.

2.5 Kestoikien arviointi

Eri päällystelajien kestoikien arviointi perustuu sekä laboratorioissa tehtyihin kuluskokeisiin että päällysteiden todellisten kestoikien seurantaan. Minkä tahansa päällystelajin kestoian arviointi on epätarkkaa ja päällysteiden uusimisperusteet kuten myös kulumiseen vaikuttavat seikat, esim. nastarengasmääräykset, voivat muuttua laskentajakson aikana. Sen sijaan suhteellisten erojen selvittäminen kahden päällystelajin tai korjaustavan kesken on mahdollista tehdä luotettavammin, koska erilaiset satunnaiset olosuhdetekijät voidaan tällöin perustellusti olettaa samoiksi. Näin ollen voidaan ensin arvioida tai laskea kestoikä päällysteelle, joka on uusittu tavanomaisella tavalla (Tas+Ab 20/100) ja muille menetelmille arvioidaan tai lasketaan kestoikä suhteessa tähän.

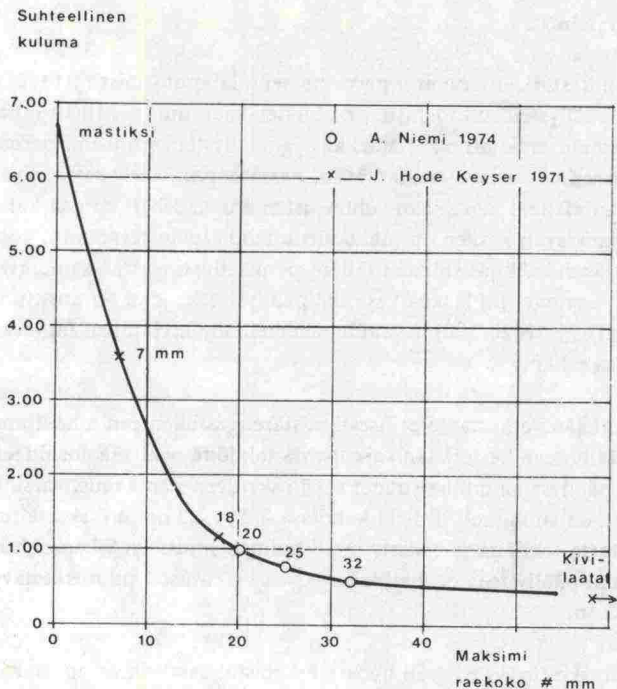
Päällysteen kestoikään vaikuttaa oleellisesti nastarengasliikenteen aiheuttama kuluminen. Muita päällysteen kestoikään vaikuttavia tekijöitä ovat sääolosuhteet, talvikunnossapito ja päällysteen ominaisuudet sekä rakenteen kantavuus, varsinkin kun päällysteen alusta on sitomaton. Edellä kohdissa 2.2 ja 2.3 on jo tarkasteltu vaurioitumiseen vaikuttavia tekijöitä ja esitetty malli kulutusennusteen tekemiseksi. Seuraavassa tarkastellaan päällysteen eri ominaisuuksien vaikutusta kulutuskestävyyteen ja siten sen kestoikään.

Päällysteen kulutuskestävyys riippuu useista tekijöistä, asfalttimassan raaka-aineista ja niiden seossuhteista, päällysteen valmistusprosessista sekä valmiin päällysteen laatuominaisuuksista kuten tiiveydestä. Seuraavassa käsitellään keskeisiä asfalttibetonin kulutuskestävyyteen vaikuttavia seikkoja. Ne ovat monin kohdin sovellettavissa valuasfalttien ja myös öljysoran kulutuskestävyyden arvioimiseen.

Kiviainesseos

Kahta kulutuskierroksella tehtyä tutkimusta yhdistelemällä on saatu kuvassa 6 esitetty käyrä maksimi raekoon vaikutuksesta suhteelliseen kulumaan. Luvuin esitettyinä on suhteellinen kuluma seuraava:

Maksimi raekoko mm	mastiksi	6	12	16	20	25	32	kivilaatat
Suhteellinen kuluminen	6,70	4,00	2,15	1,33	1,00	0,76	0,59	(0,40)



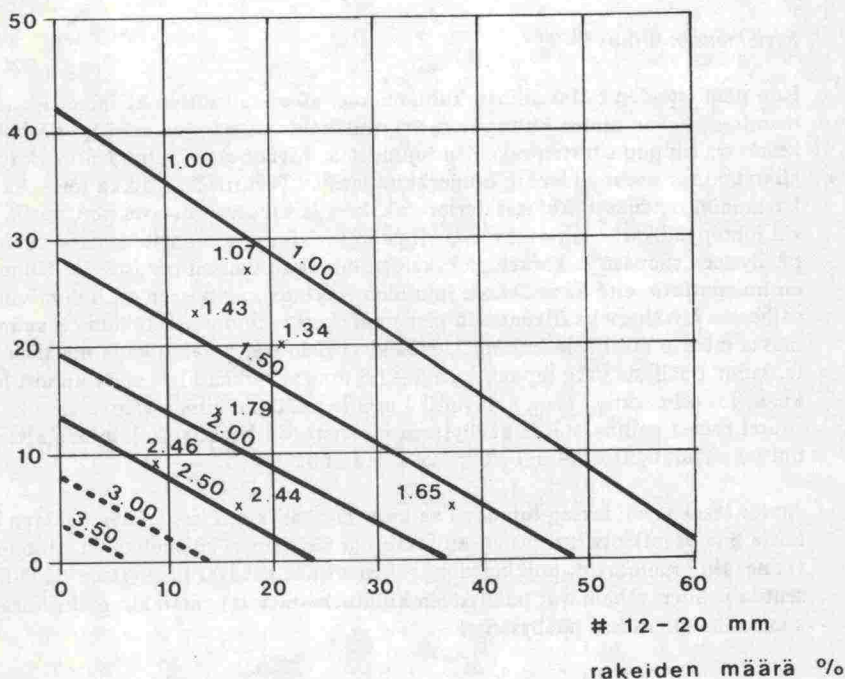
Kuva 6: Suhteellisen kuluman riippuvuus maksimi raekoosta

Tuloksista voidaan todeta, että maksimi raekoon pienentyessä alle 15 mm:n lisääntyy kulumisen jyrkästi ja hienorakeisimmalla mahdollisella massalla eli pelkällä mastiksilla on saatu lähes viisinkertainen kulumisen 15 mm:n massa verrattuna. Toisaalta maksimi raekoon kasvaessa 15 mm:stä vähenee kulumisen huomattavasti vähemmän mutta silti vielä merkittävästi. Ääriraja kulumiselle on tutkimuksessa saatu pinnoittamalla päällyste pelkästään pienillä kivilaatoilla, jolloin suhteellinen kulumisen on ollut 40% maksimi raekooltaan 20 mm:n päällysteen kulumisesta. Vaikka viimeksi mainittu prosenttiluku tuntuu verrattain korkealta, osoittaa se joka tapauksessa, että ääriraja päällysteen kulumiskestävyydelle on olemassa.

Tärkeämpi tekijä kuin maksimi raekoko on suurten, kulutusta kestävien rakeiden määrä. Jos suurikokoisia rakeita on harvassa, kuluu mastiksi syvältä rakeiden väliltä, kunnes rakeet irtoavat tai painuvat keväällä syvemmälle. Kuvassa 7 on esitetty 12–20 mm:n rakeiden sekä yli 20 mm:n rakeiden määrän vaikutus suhteellisen kuluman arvoihin VTT:n kokeiden perusteella. Kuvasta voidaan todeta esimerkiksi, että jos 12–20 mm:n kiviainesta on 20% ja yli 20 mm:n 9%, on suhteellinen kuluma 2,00. Jos nyt halutaan parantaa kulutuskestävyyttä arvoon 1,50, on lisättävä joko yli

20 mm:n kiviaineksen osuutta 8%-yksiköllä tai 12—20 mm:n kiviaineksen osuutta 15%-yksiköllä. Yli 20 mm:n rakeiden vaikutus kulutuskestävyyteen on siis noin kaksinkertainen verrattuna 12—20 mm:n kiviainekseen.

yli # 20 mm rakeiden
määrä, %



Kuva 7: Asfalttibetonipäällysteen suhteellinen kuluminen

Jos suurikokoisten rakeiden osuus on liian suuri, ei niiden väliin riitä mastiksia rakeiden kiinnittämiseksi ja päällyste kuluu tai purkautuu tämän vuoksi. Näin ollen on olemassa tietty teoreettinen 12 mm:n läpäisyarvo, jolloin kuluminen (+purkautuminen) on pienimmillään. Alhainen 12 mm:n läpäisyprosentti voidaan saavuttaa joko epäjatkuvalla suhteituksella tai suurella maksimi raekoolla. Käytännössä ei ole tarvetta eikä mahdollisuuksiakaan alle 55—60 läpäisyprosentin arvoihin, sillä kulumisnopeus alenee tällä alueella enää vähän ja päällysteen muut ominaisuudet (tyhjätila, säänkestävyys, lajittumisherkyys ja tasaisuus) alkavat toisaalta heikentyä.

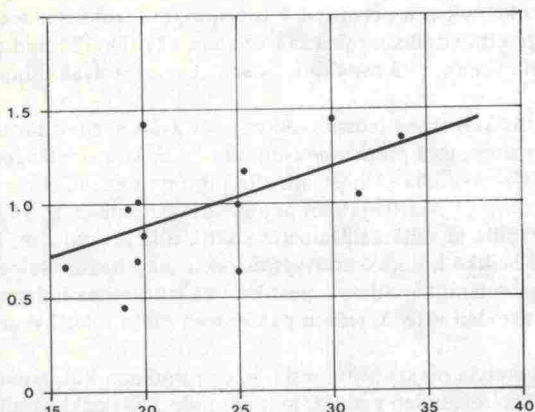
Jos karkeitä rakeita on runsaasti, ei niiden välissä olevan, alle 12 mm:n kiviaineksesta koostuvan massan kulutuskestävyydellä ole enää suurta merkitystä, sillä suurten kivien kulumisnopeus määrää muutenkin päällysteen kulumisnopeuden. Suurten kivien kiinnipitämiseksi ei kivien välissä olevan massan tarvitse tällöin täyttää erityisen suuria vaatimuksia. Kun suurten rakeiden määrä tai maksimi raekoko pienenee, tulee karkeiden rakeiden välissä olevan massan kulutuskestävyys merkitykseltään tärkeämmäksi.

Kiviaineksen lujuus

Kun päällysteiden pääasiallinen kuluminen ei aiheudu suurten kiviainesrakeiden irtaamisesta, vaan niiden kulumisesta tai murskautumisesta, on selvää, että kulumis-kestävyys riippuu suurten rakeiden lujuudesta. Kiviaineksen lujuuden merkitystä aliarvioidaan usein joidenkin esimerkitapausten perusteella, vaikka toisaalta monet käytännön tapaukset, kulutuskieroratakoheet ja kulutusprosessin perusteella tehtävät johtopäätökset osoittavat toista. Heikko kiviaines on tunnistettavissa kuluneen päällysteen sileyden ja karkeiden rakeiden murskautumisen perusteella. Kuitenkin on huomattava, että kiviaineksen lujuuden vaikutus kulumiseen on kulumisen alkuvaiheessa ja vähäisellä liikenteellä pienempi, koska kuluminen tällöin on suurem-
massa määrin mastiksin kulumista. Jos kivet painuvat kesän aikana mastiksin tasol-
le, kuluu päällyste joka tapauksessa 1—1,5 mm/v, vaikka kivet eivät kuluisi lain-
kaan. Jos esimerkiksi kivet kuluvat 0,4 mm ja päällyste niiden välissä 1,5 mm ja jos
suuret rakeet peittävät 30% päällysteen pinnasta, on kokonaiskuluminen kivien pai-
nuttua sisään $0,30 \times 0,4 + 0,70 \times 1,5 = 1,2$ mm.

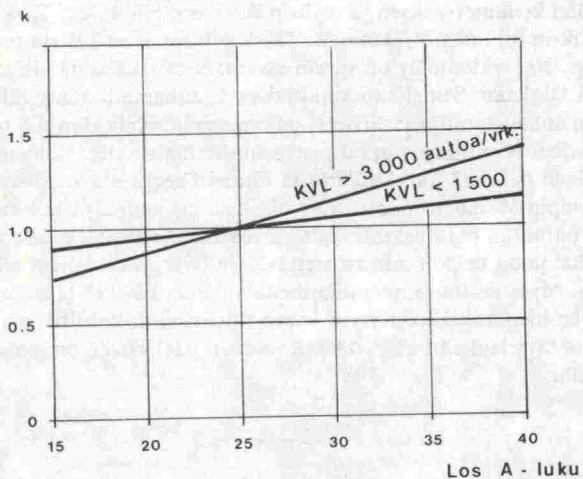
Arvioitaessa kiviaineksen lujuuden vaikutusta päällysteen kestoikään voidaan käyttää kuvia 8 ja 9, jotka perustuvat koetuloksiin ja käytännön kokemukseen. Huonot kiviaineksen muotoarvot, puikkoisuus ja liuskeisuus, lisäävät päällysteen tyhjätilapro-senttia ja siten vähentävät päällysteen kulutuskestävyyttä varsinkin maksimiraeko-koon nähden ohuissa päällysteissä.

Suhteellinen
kuluminen



Los A - luku

Kuva 8: Kiviaineksen lujuuden vaikutus kestopäällysteen kulumiseen



Kuva 9: Arviointiperusteet kiviaineksen lujuuden vaikutuksesta kestopäällysteen kes-
toikään.

k = suhteellinen kuluminen + muu kestoikää lyhentävä vaurioituminen

Sideaine

Yleinen käytännön kokemukseen perustuva käsitys on, että runsas sideainepitoisuus vähentää kulumista ja että edullisin tulos saavutetaan käyttämällä niin paljon sideainetta kuin mahdollista ilman, että tapahtuu sideaineen sanottavaa pintaannousua.

Käytännössä on kulutuskerroksen teossa todettu päästävän parhaisiin tuloksiin, kun sideainetta käytetään siten, että pintaannousun aiheuttamasta sideainepitoisuudesta vähennetään 0,1—0,3%-yksikköä. Alhaisemmalla bitumipitoisuuden arvolla on vaikeampi saavuttaa riittävän hyviä tyhjätilan arvoja ja lajittuminen on suurempaa. Suurilla tyhjätilan arvoilla ja vähän sideainetta sisältävällä massalla on heikko sisäisen koheesio ja siten heikko kulutuskestävyys. Lisäksi saa huokosissa olevan veden toistuva jäätyminen ja sulaminen aikaan mastiksin rapautumista ja irtoamista syvältä suurten kiviainesrakeiden välistä, jolloin päällysteen pinta tulee hyvin karkeaksi.

Eräissä kulutusatakokeissa on saatu tuloksia, joiden mukaan kuluminen olisi pienimmillään jo sideainepitoisuuden arvolla, joka on noin 1%-yksikköä alle sen arvon, jolloin sideaine alkaa nousta pintaa. Koerataolosuhteet kuitenkin poikkeavat käytännön olosuhteista sekä päällysteen tekemisen että säätekijöiden osalta ja siten niihin on suhtauduttava kriittisesti.

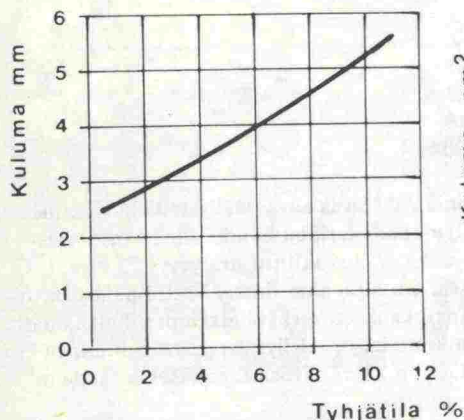
Filleri

Filleriksi katsotaan tässä 0,074 mm seulan läpäisevä kiviaines. Fillerimäärää muuttamalla säädellään kiviainesseoksen ja myös päällysteen tyhjätilaa. Tärkein fillerin tehtävä on mastiksin lujituksen lisääminen. Tässä suhteessa on fillerin laadulla huomattava merkitys. Ns. syklonipöly on varsin tasarakeista eikä siinä ole alle 0,001 mm:n hiukkasia lainkaan. Sen sijaan kalkkikivistä jauhamalla tehty filleri on rakeisuudeltaan hyvin suhteistunutta ja tiiviiksi pakkautuvaa. Kalkkikivellä on muiden emäksisten kivilajien tavoin myös hyvät tarttuvuusominaisuudet. Näiden ominaisuuksien vuoksi saadaan pelkästä kalkkifillerin ja bitumin seoksesta valmistetuilla koe-kappaleilla parempia Marshall-lujuuden arvoja kuin syklonipölyn ja bitumin seoksellä. Kalkkifilleri parantaa kulutuskestävyyttä myös siten, että sen avulla massa sekoittuu tasalaatuiseksi ja on helpommin työstettävää ja jyrättävää, jolloin tyhjätilat jäävät pienemmiksi. Myös muita mineraalijauheita voidaan käyttää täytejauheena mikäli ne ovat riittävän hienorakeisia. Kysymyksen tulevat mm. kalsiitti, magnesiitti ja talkki. Happamia täytejauheita käytettäessä voidaan päällysteen ominaisuuksia parantaa tartukkeilla.

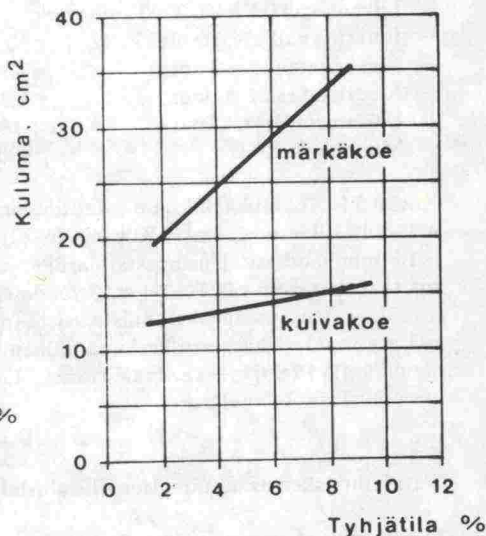
Tyhjätila

Eräitä tutkimustuloksia tyhjätilan vaikutuksesta on esitetty kuvissa 10 ja 11. Karkeasti yleistäen voidaan todeta, että tyhjätilan lisäys 1%-yksiköllä lisää suhteellista kulumista 10% ja lyhentää päällysteen kestoikää vastaavasti yli vuodella. Tyhjätilan

vaikutus riippuu monista tekijöistä, mm. sideainepitoisuudesta, kiviaineksen rakeisuusikäyrän muodosta ja filleripitoisuudesta. Sideainerikas päällyste kuluu suurestakin tyhjätilasta huolimatta verrattain vähän eikä ole tässä mielessä yhtä altis suhteitus- ja työvirheille kuin sideaineköyhä päällyste. Lisäksi tiivistyy sideainerikas päällyste myöhemmin lisää liikenteen alla runsaammin kuin sideaineköyhä massa.



Kuva 10: Tyhjätilan vaikutus asfaltti-betonipäällysteen kulumiseen.



Kuva 11: Iskukulutuslaitteella saadun kulumisen riippuvuus tyhjätilasta.

Tasalaatuisuus

Raideuran syvyyden yksittäiset mittaustulokset vaihtelevat yleensä $\pm 30\%$. Lyhyellä, suoralla, tasaisella, hyvinrakennetulla tieosalla havaittuihin urasyvyyden vaihteluihin on mahdollisen alustan deformaation lisäksi ainoana syynä vaihtelut päällysteen laatuominaisuuksissa. Kun päällysteen eniten kuluneet kohdat usein määräävät päällysteen uusimisajankohdan, on päällysteen tasalaatuisuudella tärkeä merkitys kestävyyskannalta. Monet tiepäällysteet on jouduttu uusimaan ennenaikaisesti lajittumavirheiden takia.

Eri toimenpiteiden kestoajat

Seuraavassa tarkastellaan kohdassa 3 lähemmin esitettävien toimenpiteiden kestoajien arviointia:

Tasausmassa ja uusi kulutuskerros

Toimenpiteen kestoikä voidaan joko arvioida suoraan tai seuraavanlaista laskenta-menettelyä käyttäen (esimerkki):

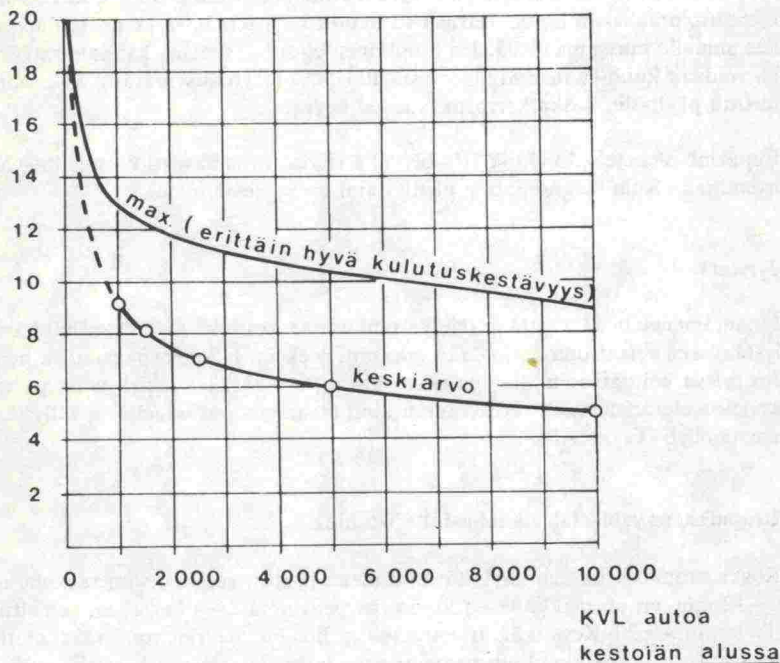
— Päälyste Ab 25/120	
— Liikennemäärä KVL 3500 autoa/vrk	
— Ilmaston vaikutus (taulukko 1)	x 1,0
— Nopeusrajoitus 100 km/h	x 1,1
— Ajourien keskittyminen	x 1,3
— Liikennemäärän kasvu	x 1,18
— Muunnettu KVL	=5900

Kuvan 5 (s. 16) mukaan kuluu asfalttibetonia Ab 18 vastaava päälyste tällä liikennemäärällä 2,8 mm vuodessa. Kuvan 6 (s. 20) mukaan laskien kuluisi Ab 25 vastaavasti 1,8 mm vuodessa. Uusimisstandardien mukaan olisi sallittu urasyvyys 23 mm, joka siis saavutettaisiin vasta $\frac{23}{1,8} = 13$ vuodessa. On kuitenkin ilmeistä, että päälyste tulee tätä ennen uusittavaksi muista syistä (paikkaukset, verkkohalkeamat, halkeamat, epätasaisuus). Päälysteen keskimääräinen kestoikä — edellyttäen, että kuluminen ei ole määräävä tekijä — saadaan kuvasta 12, ylin käyrä. Tässä tapauksessa saadaan kestoiäksi siis 11 vuotta.

Uusi kulutuskerros tasaamattomalle alustalle

Mikäli erillistä tasausta ei tehdä, heijastuvat vanhan päälysteen epätasaisuudet uuteen päälysteeseen, joskin paljon pienempinä. Uuteen kerrokseen jäävä raideura on syvyydeltään noin 20% alustana olevan vanhan päälysteen urasyvyydestä, joten uuden kulutuskerroksen kestoikä on vastaavasti hieman lyhyempi kuin edellistä menetelmää käytettäessä edellyttäen, että uusiminen aikanaan suoritetaan suuren urasyvyyden vuoksi. Useimmiten vanhassa päälysteessä on tai tulisi olla uusittaessa niin syvät urat, että tasausmassaa joudutaan ainakin paikoittain käyttämään. Käytettäessä taitepalkilla varustettua levitintä vältytään uuteen päälysteeseen muodostuvilta raideurilta. Tämä on edullista varsinkin silloin, kun raideuran syvyys määrää päälysteen uusimisajankohdan.

Kestoikä v.



Kuva 12: Päällysteen kestoian riippuvuus liikennemäärästä. Vuosina 1970—1976 uusitut päällysteet, Ab 18

Massapintaukset

Massapintauksen kestoikää uudelleen päällystämiseen (Tas + Ab) verrattuna voidaan arvioida taulukon 1 (s. 17) ja kuvien 5 (s. 16), 6 (s. 20), 7 (s. 21) ja 12 avulla. Lisäksi on otettava huomioon uuden pinnan valmiiden raideurien tai mahdollisen profiloinnin vaikutus kestoikään. Jos edellä (s. 26) esitetystä esimerkkitapauksessa käytettäisiin Ab 12 massapintausta, olisi kulumisnopeus kuvien 5 (s. 16) ja 6 (s. 20) mukaan $\frac{2,15}{1,15} \cdot 2,8 = 5,2$ mm vuodessa. Jos uudessa massapintaauksessa on valmiina jo 4 mm:n raideurat, saavutetaan 23 mm:n uransyvyys 4 vuodessa.

Kuumennuspintaukset

Kuumennuspintauksen kestoikä normaaliin uudelleen päällystämiseen (Tas + Ab) verrattuna saadaan maksimi raekoon perusteella ottamalla lisäksi huomioon vanhan

päällysteen urien heijastuminen uuteen pintaukseen tai profiloimalla aikaansaadut korotukset urien kohdalla. On otettava huomioon, että maksimiraekoko voi olla kuumnuspintauksissa huomattavasti suurempi kuin tehtäessä tavanomainen uusiminen samalla massamäärällä. Jos kuluminen ei ole uusimisen kannalta määräävä tekijä, voidaan kuumnuspintausta katsoa 10—30% lyhytikäisemmäksi kuin normaali uusittu päällyste, koska kerrospaksuus ei kasva.

Repaving-menetelmän (Mpk III) kestoikä voidaan vastaavasti katsoa 10—20% lyhyemmäksi kuin tavanomaisen päällystämisen kyseessä ollen.

Jyrsintä

Jyrsintämenetelmää käyttäen tehdyn pintauksen kestoikä tavalliseen uudelleenpäällystämiseen verrattuna arvioidaan maksimi raekoon ja kerrospaksuuden perusteella. Jos tuleva kuluminen ei ole uusimisen kannalta määräävä tekijä, voidaan kestoian arvioida olevan 10—30% lyhyemmän kuin tavanomaisen uudelleenpäällystämisen kyseessä ollen (Tas + Ab).

Urapaikkaus valuasfaltilla tai asfalttibetonilla

Koska urapaikkaukseen käytettävän massan ja sirotteen maksimi raekoko on yleensä 6—12 mm, on urapaikkauksen kulumisnopeus noin 2—4 kertainen verrattuna asfalttibetoniin Ab 20. Kestoikää arvioitaessa on liikennemäärän ym. lisäksi otettava huomioon myös urapaikkauksen paksuus uran pohjalla. Yleensä kestoikä on 2—4 vuotta.

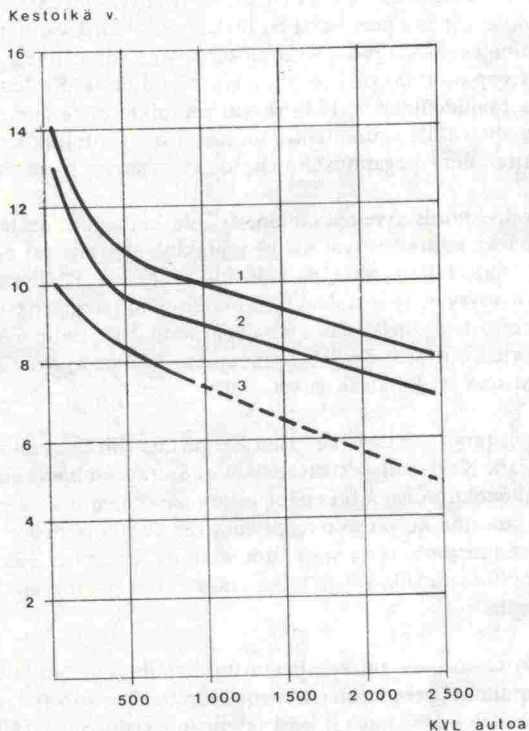
Sirotepintausta

Sirotepintauksen kestoikävertailu voidaan tehdä kerroksen sisältämien karkeiden raekiden lujuuden ja raekoon perusteella. Sirotepintauksen kestoikään vaikuttaa olennaisesti myös alustan, tasausmassan tai päällysteen, stabiliteetti. Alustan huono stabiliteetti aiheuttaa vilkkaammin liikennöidyillä teillä voimakasta urautumista, joka on seurauksena, kiven kulumisen lisäksi, kiven painumisesta alustaan ja alustan deformaatiosta.

Siroteen raekoolla on suuri merkitys pintauksen kestoikään. Käytännössä tehtyjen havaintojen ja koeratakokeen perusteella voidaan arvioida, että sirotekoon ollessa 16—20 mm on pintauksen kulutuskestävyys noin kaksinkertainen 12—16 mm:n sirotteeseen verrattuna. Myös kiviaineksen lujuudella on huomattava merkitys sirotepintauksen kulutuskestävyyteen. Kestoikään vaikuttaa huomattavasti se, kuinka pintauksen teko onnistuu, koska epäonnistumisriski on huomattava. Ruotsissa saatujen kokemusten perusteella sirotepintauksen (16—20 mm) kestoikä on 30—50% lyhyempi kuin normaalin uudelleenpäällystämisen kyseessä ollen.

Öljysora

Kuvassa 13 on esitetty päällysteen uusimisajankohdan perusteella määritetyt öljysoran kestoikäkäyrät erikseen "rakennetuilla" ja "rakentamattomilla" teillä huomioonottaen kunnossapitotoimenpiteen tehokkuus.



Kuva 13: Öljysorapäällysteiden kestoikäkäyrät.

- 1 "Rakennettu tie".
- 2 "Rakentamaton" tie, kunnossapitotoimenpiteinä mm. massanlisäyksiä.
- 3 "Rakentamaton" tie, kunnossapitotoimenpiteinä mm. paikkaus ja karhinta.

2.6 Kyseeseen tulevat toimenpiteet

Tavoitekantavuuden ja lähtökantavuuden (tieosan mitoittava kantavuus) sekä tien vaurioiden perusteella määritellään korjaus- tai vahvistamistoimenpiteen luonne. Tässä yhteydessä voidaan erottaa kolme eriluonteista tapausta:

I Rakenteen vahvistamistarve on huomattava. Päällysteen uusimistarpeen määrittää runsas verkkohalkeamien määrä (vähintään 30% pinta-alasta). Lisäksi verkkohalkeamien määrä kasvaa nopeasti. Paitsi verkkohalkeamia tiellä esiintyy myös painumia ja muita rakenteellisia vaurioita. Tavoitekantavuus on paljon mitattua kantavuutta suurempi. Vahvistamistoimenpiteinä tulevat kysymykseen rakenteen parantaminen sitomattomilla tai sidotuilla kerroksilla, kuivatuksen parantaminen ym. perusparannustoimenpiteet. Nämä toimenpiteet edellyttävät erityisen rakenteen parantamissuunnitelman laatimisen, jonka perustana on tarkat tiedot mm. vanhan tien kantavuus- ja routivuusominaisuuksista ja kuivatusolosuhteista. Näissä oheissa ei käsitellä tarkemmin rakenteenparantamistoimenpiteiden suunnittelua. Kuitenkin on huomattava, että vasta taloudellinen vertailu ratkaisee, mikä toimenpide tulee kyseeseen. Mikäli lyhyelle aikavälille suunnitellun toimenpiteen tuottama kantavuus osoittautuu riittäväksi, saattaa perusparannustoimenpide siten siirtyä myöhempään ajankohtaan.

II Rakenteen vahvistamistarve on vähäinen. Tien kantavuus on lähellä tavoitekantavuutta. Riittämätön kantavuus voi näkyä joinakin vähäisinä tai pieniruutuisina verkkohalkeama-alueina, reikinä yms. paikallisina vaurioina. Päällysteen uusimisen määrää ensisijassa urasyvyys, epätasaisuus, ylimmän päällystekerroksen puhkikuluminen tai sidottujen kerrosten jäljellä oleva yhteispaksuus. Nykyiselle liikenteelle voi tien kantavuus olla vielä riittävä. Korjaustoimenpiteenä tulee kysymykseen uudelleenpäällystäminen tasattuna tai ilman tasausta.

III Rakennetta ei tarvitse vahvistaa. Tien kantavuus riittää ainakin korjaustoimenpiteen kestoajan ajan. Korjaamisperusteena voi olla urautuminen, muu kuluneisuus, epätasaisuus, huonokuntoisten tai epätasaisten paikkojen määrä yms. päällystevauriot. Kyseeseen tulevana korjaustoimenpiteinä voivat olla uudelleen päällystäminen, massa- ja kuumennuspintaaukset sekä sirotepinta. Uudelleenpäällystämisen siirtämiseksi muutamalla vuodella voi tulla kysymykseen myös urapaikkaus valuasfaltilla tai asfalttibetonilla.

Yleensä valitaan se korjaus- tai vahvistamistapa, jolle saadaan kokonais- tai vuosikustannusten minimi. Usein toimenpiteen suunnitteluun voivat vaikuttaa myös muut näkökohdat kuin taloudellisuus tai jopa tekninen soveltuvuus. Tällaisia huomioonotettavia seikkoja ovat mm. liikenneturvallisuus, kitkavaatimukset, ulkonäköseikat (väri yms.) ja ympäristönsuojelun vaatimukset. Materiaalien saatavuus, soravarojen puute tai säästö voivat myös vaikuttaa toimenpiteen valintaan. Kohdassa 4.3 on lähemmin tarkasteltu muita päällysteen ja sen korjaustavan valintaan vaikuttavia näkökohtia.

3. PÄÄLLYSTELAJIT JA NIIDEN UUSIMIS- JA KORJAUSTAVAT

3.1 Yleistä

Seuraavassa käsitellään ensisijaisesti uudelleenpäällystämistä ja sellaisia laajoja korjaustoimia, joita voidaan käyttää uusimisen sijasta tai sen lykkäämiseksi muutamalla vuodella. Uudelleenpäällystämisessä rajoitutaan antamaan seikkaperäisempiä tietoja asfalttibetonista. Näitä tietoja voidaan käyttää hyväksi valittaessa uuden tien asfalttibetonista tehtävää kulutuskerrosta, sen paksuutta ja koostumusta. Niitä voidaan soveltaa bitumiliuosoran ja osin myös öljysoran uusimistöiden suunnitteluun.

Muiden päällysteiden osalta, joiden käyttö on vähäisempää, tyydytään tässä yhteydessä lyhyeen mainintaan.

Päällysteiden paikkauksiin ei tässä puututa lähemmin. Tiepäällysteiden paikkaamisesta on lähemmät ohjeet julkaisussa Tiepäällysteiden korjausohjeet 1975 /6/, jotka on tarkoitettu ajanmukaistaa lähiaikoina.

3.2 Asfalttibetonipäällysteet

Tasausmassa ja uusi kulutuskerros

Uuden kulutuskerroksen tekeminen erikseen tasatulle alustalle on teknillisesti paras, yleisimmin käytetty ja kestävin mutta myös rakennuskustannuksiltaan kallein kuluneen päällysteen korjausmenetelmä. Ottamalla huomioon päällysteen kestoikä ja jäännösarvo tämä menetelmä on kuitenkin vuosikustannuksiltaan kilpailukykyinen muiden rakennuskustannuksiltaan halvempien menetelmien kanssa. Kun tasausmassa tehdään erillisenä kerroksena, on epätasaisuudet ja raideurat mahdollista poistaa lähes kokonaan. Kun kulutuskerros on tasapaksu, saavutetaan joka kohdassa tyydyttävä tiiveys ja tasalaatuisuus.

Tavanomaisen tasausmassan kulutuskestävyys on heikohko kulutuskerrokseen verrattuna, mutta yleensä päällyste tulee uusittavaksi ennen kuin kulutuskerros on kulunut puhki. Mikäli on kyseessä tieosa, jossa on odotettavissa kulutuskerroksen puhkikulumista, tulisi harkita kulutustakestävämmän tasausmassan käyttöä. Tällaisia kohteita ovat esim. 50—60 km/h nopeusrajoitusalueet, joissa sallittu raideura on 35—45 mm.

Tasausmassan ensisijainen tarkoitus on raideurien täyttäminen ennen kulutuskerroksen levitystä ja massan käyttö tulisi rajoittaa mahdollisimman vähäiseksi eli nollata-saukseksi. Pituussuuntainen tasaus saattaa tällöin jäädä heikommaksi kuin runsaalla tasausmassan käytöllä. Raideuria ei myöskään saada kokonaan täytettyä nollata-sauksella.

Säännöllisen muotoisten raideurien täyttämiseksi tarvittava massamäärä voidaan laskea olettamalla uran keskimääräiseksi syvyydeksi puolet uran syvyydestä ja leveydeksi uran viereisten harjanteiden huippujen väli. Kun nollatasausta käytetään, on ta-

sausmassan määrä koko päällysteen leveydelle laskien 8 kg/m^2 jokaista raideuran syvyyden senttimetriä kohti. Nollatasausta käytettäessä tulee valmiiseen kulutuserroseen 2—3 mm:n urat, mutta runsaampi tasausmassan käyttö täysin suoraan poikki-profiiliin aikaansaamiseksi ei silti ole kannattavaa.

Levitimmellä, joka on varustettu nivelöidyllä palkilla (taittopalkki), saadaan raideurien kohdalle riittävästi massaa, jotta pinta on tiivistyksen jälkeen poikkisuunnassa tasainen. Taittopalkilla on mahdollista tehdä tien pinta myös siten profiloituna, että raideuran kohdat ovat vielä tiivistyksen jälkeenkin koholla 2—5 mm. Ajolinjojen siirtyminen kaistan toista reunaa kohti esimerkiksi kaarteissa vaikeuttaa palkin taitteiden käyttöä.

Jos raideurat ovat hyvin syvät, voidaan ne ensin täyttää nollatasauksena mahdollisimman hyvin. Tämä tapahtunee parhaiten siten, että päällystettävälle tieosalle levitetään tasausmassaa ainoastaan ajokaistojen raideurien ulkoreunojen rajoittamalle alueelle ja tasolle. Näin tasatulle alustalle tehdään kulutuserros kuten tasaamattomalle alustalle.

Tasaukerroksen paksuutta lisäämällä voidaan parantaa tien kantavuutta. Menettelyä tulisi kuitenkin käyttää lähinnä vain niissä tapauksissa, joissa päällyste uusitaan runsaiden verkkohalkeamien takia.

Alustava hinta-arvio (urakkahinta ilman kiviainesta) voidaan tehdä liitteen 3 mukaan (vuoden 1977 hintataso). Yhdistelmän liihaus + Tas 20 kg/m^2 + Ab 20/100 urakkahinta oli noin $11,50 \text{ mk/m}^2$.

Uusi kulutuserros tasaamattomalle alustalle

Jos tasaustarve on vähäinen, voidaan erillinen tasaukerros jättää tekemättä. Tällöinkin on pahimmat epätasaisuuskohdat ensin tasattava. Uuden kerroksen paksuuden tulee joka kohdassa täyttää tietty minimivaatimus, minkä lisäksi keskimääräiselle massamenekille työvuoron aikana tulee olla tietty ohjearvo.

Vaikka asfalttibetoni onkin kalliimpaa kuin tasausmassa, on esimerkiksi Ab 120 kg/m^2 ja Ab 100 kg/m^2 neliöhintojen erotus suunnilleen yhtä suuri kuin Tas 20 kg/m^2 neliöhinta. Tähän tasausmassan massamenekkiin päästään kun käytetään uratasausta, siten että tien keskiviiva ja ajokaistan reuna jäävät ilman tasausmassaa. Kun on tarpeen käyttää tasausta kauttaaltaan, esim. kantavuuden tai tien sivukaltevuuden lisäämiseksi sekä erityisen epätasaisissa kohdissa, tasausmassan menekki saattaa olla 30—50 kg/m^2 , jolloin tasausmassan käyttö on edullisempaa kuin kalliimman asfalttibetonin. Asfalttibetonin ja tasausmassan hintaeroihin vaikuttaa jonkin verran myös näihin käytettävien kiviainesten hankintakustannusten erot.

Levitettäessä uusi kulutuserros tasaamattomalle alustalle saavutetaan etuina lyhyempi rakennusaika ja siitä johtuen pienemmät valvontakustannukset. Mikäli ei

käytetä taitepalkkia jää poikkisuuntainen tasaisuus heikommaksi kuin erillistä ta-
sauserrosta käytettäessä. Joka tapauksessa pituussuuntainen tasaisuus jää huonom-
maksi ja kantavuuden lisäys vähäisemmäksi tällä menetelmällä. Yksittäiset ohuiksi
jääneet kohdat voivat kulua nopeastikin puhki.

Kevytasfalttibetoni

Kevytasfalttibetonia käytetään kulutuskerroksena kevyen liikenteen väylillä, erillisenä
piennarpäällysteenä sekä ajoratapäällysteenä sellaisilla teillä, joiden liikennemäärä
(KVL) on 1000—2500 autoa /2/.

Kevytasfalttibetoni soveltuu paitsi varsinaisiin päällysteisiin myös massapintauksiin.
Kevytasfalttibetonia voidaan levittää tasatulle ja tasaamattomalle alustalle kuten
edellä on selostettu asfalttibetonin yhteydessä. Kevytasfalttibetonin käyttö tullee
edulliseksi kohteissa, joissa päällysteen kulutuskestävyydelle ei aseteta korkeita vaati-
muksia. Teknisiltä ominaisuuksiltaan kuin myös kustannuksiltaan kevytasfalttibeto-
nit sijoittuvat asfalttibetonin ja öljysoran väliin. Kevytasfalttibetonia voidaan käyttää
vanhojen öljysorateiden uudelleenpäällystämiseen (vrt. kohta 3.8).

Kevytasfalttibetonin levitysmäärät ovat yleensä kevyen liikenteen väylillä 60 kg/m^2 ,
pientareilla 80 kg/m^2 ja ajoradoilla 100 kg/m^2 . Massapintauksissa käytetään pie-
nempiä massamääriä keskimääräisen levitettävän massamäärän vaihdellessa 40—70
 kg/m^2 .

3.3 Massapintausta

Uuden kulutuskerroksen tekeminen tasaamattomalle alustalle ja massapintausta eroa-
vat teknillisesti toisistaan siten, että massapintauksessa käytetään yleensä hieno- tai
keskirakeista massaa, Ab 12—16, ja vastaavasti ohuehkoa kerrospaksuutta. Ohuim-
missa kohdissa eli yleensä raideurien välissä tulisi kerrospaksuuden olla vähintään
1,5 kertaa maksimi raekoko. Tällöin on tiivistystulos jo melko huono. Raideurien vä-
lissä on kuitenkin myös kulutusrasitus vähäisintä, joten näinkin ohut kerrospaksuus
voi vielä olla edullinen joissakin tapauksissa. Massapintauksissa, joissa uusi pinta
nollataan reunaviivan kohdalla, on suurin maksimi raekoko 16 mm.

Urakoinnin kannalta eroaa massapintausta edellisestä menetelmästä siinä, että massa-
pintausta tehdään ilman minimipaksuusvaatimusta joko tonninhinnalla tai neliometri-
hinnalla siten, että sovittu massamenekki (kg/m^2) saavutetaan keskimäärin esimer-
kiksi työvuoron aikana.

Massapintausta voidaan tehdä myös profiloituna taittopalkilla varustetulla levittimellä
kuten edellä kohdassa 3.2 on esitetty. Profiloitunut massapintauksen taloudellisuutta
heikentää se, että pieni kerrospaksuus reunoilla pakottaa käyttämään verrattain hie-
norakeista, huonosti kulutusta kestävästä massasta.

Massapintausten etuja ovat ohuesta kerrospaksuudesta johtuen alhainen hinta, mahdollisuus korjata vain pahimmin vaurioituneet kohdat sekä nopea ja yksinkertainen työn suoritus. Huonoja puolia ovat vähäinen kulutuskestävyys, raideurien heijastuminen uuteen pintaan ja kantavuuden lisäyksen vähäisyys.

Massapintaustöiden taloudellisuutta voidaan merkittävästi parantaa kerrospaksuuden perusteellisella ennakkosuunnittelulla. Suunnittelussa on pyrittävä mahdollisimman pieneen massankulutukseen tasaisuus- ja tiiveysvaatimusten puitteissa. Tämän vuoksi on kerrospaksuus tien reunoilla ja keskellä suunniteltava ja merkittävä reuna-paalutukseen esim. 20 m:n välein. Verkkohalkeamakohtaisissa on harkittava, onko kerrospaksuuden lisääminen tarpeen. Mahdolliset hyväkuntoiset osuudet jätetään kokonaan ilman massapintausta.

3.4 Kuumennuspintausta

Massapintausta voidaan tehdä myös kuumennetulle alustalle eli kuumennuspintaukseksi. Kuumennuspintausta käytetään urautuneen tai muulla tavalla kuluneen ajorata-päällysteen tai sen osan uusimiseen. Menetelmässä vanha päällyste pehmennetään kuumentamalla, jotta uusi päällystemassa tunkeutuu ja tarttuu alustaan. Kun suuret rakeet uppoavat pehmenneeseen alustaan, voidaan käyttää kerrospaksuuteen nähden ylisuurta maksimi raekokoa (16—25 mm). Kuumennuspintaukset jaetaan päällystystöiden työselityksen 1978 /2/ mukaan kolmeen ryhmään (Mpk I—III):

Menetelmässä Mpk I vanha päällyste kuumennetaan pintaosaltaan 90—130°C lämpötilaan ennen uuden massan levitystä. Massa levitetään kaistan reunoille nollalukseksi.

Menetelmässä Mpk II alusta kuumennetaan siten, että alustan lämpötila 20 mm:n syvyydellä on 70—110°C. Pituussaumojen tekoa varten alustan reunat leikataan vähintään 15 mm:n syvyyteen auki. Jos tien sivukaltevuutta halutaan lisätä voidaan ai-noastaan kaistan ulkoreunat repiä ja levityskaistojen väliin tehdä sauma.

Menetelmässä Mpk III (ns. repaving-menetelmä) käytetään menetelmää varten rakennettua monitoimikonetta (esim. Cutler, Wirtgen Repaver ym.). Monitoimikone kuumentaa, repii ja tasaa vanhan päällysteen pinnan sekä lisää uutta massaa ja esitiivistää sen tärypalkilla.

Kuumennuspintausten menetelmät I ja II

Menetelmissä I ja II raideuran syvyyden tulisi olla vähintään 20—25 mm. Maksimi raekoko voi tällöin olla 16—20 mm. Massamenekki 20—30 mm:n uransyvydellä on 35—50 kg/m² laskettuna levityslevyden (3,2 m) pinta-alaa kohti. Kuumennuspintausten työsaavutus riippuu tarvittavan massan menekistä (kg/m²), alustan kuumennustarpeesta ja pinalämmityslaitteen tehokkuudesta. Karkeat massat, alustan kos-

teus, alhainen ilman lämpötila ym. lisäävät kuumennustarvetta ja siten pienentävät työsaavutusta. Käytetyillä pintalämmityslaitteilla on päästy lämpimillä ja kuivalla säällä maksiminopeuteen 6—8 m/min. Tällöin on urasyvyydestä riippuen päästy 50—95 ton/h työsaavutuksiin. Keskimäärin voidaan työsaavutuksena pitää 50—60 ton/h. Menetelmän käyttö on kannattavinta silloin, kun samalta koneasemalta ajetaan massaa myös muihin kohteisiin, jolloin koneaseman kapasiteetti voidaan käyttää paremmin hyväksi. Kuumennuspintausta tehdään taittopalkilla varustetulla levittimellä, jolla uusi massa levitetään siten profiloituna, että se on ennen jyräystä raideurien kohdalla vähintään 30 mm koholla kaistan reuna- ja keskipeisteisiin verrattuna.

Kuumennuspintausten etuja ovat pieni massamenekki ja verrattain suuri maksimi raekoko, hyvä tiivistyminen ja liittyminen vanhaan päällysteeseen. Huonoja puolia ovat koneaseman pienehkö käyttöaste (riippuen aseman koosta ja työsaavutuksesta) sekä vähäinen kantavuuden lisääntyminen.

Kuumennuksen hinta (polttoaine + kalustokustannukset) on suurissa kohteissa 0,80—1,50 mk/m² (vuoden 1977 hintataso). Kustannusvertailuja tehtäessä on laskelmissa otettava huomioon, että kuumennuspintausta ei tehdä koko kaistalle, vaan esim. vain 3,2 m leveydelle ja että liimausta ei tarvita. Lisäksi saavutetaan kustannussäästöjä, kun liittymät, pysäkit ym. alueet, jotka eivät kaipaa uudelleenpäällystämistä, voidaan jättää päällystämättä.

Kuumennuspintausten menetelmä III

Menetelmän III etuina ovat vanhan päällystemassan täydellinen hyväksikäyttö, hyvä liittyminen vanhaan päällysteeseen sekä päällysteen pinnan korotukselta välttyminen. Lisättävän massan maksimi raekoko voi uusilla koneilla olla 25 mm ja levitettävä massamäärä keskimäärin 60 kg/m². Uusi pinta voidaan tehdä profiloituna. Haittapuolena ovat koneen korkea hinta, suuri koko ja monimutkainen rakenne. Vanhat valuasfalttipaikkaukset haittaavat koneen toimintaa. Työsaavutus on 4000—6000 m²/työvuoro.

Urakkahinta suurissa kohteissa lieene noin 5 mk/m² kalliimpi kuin sama massanlisyys (kg/m²) tavallisena massapintaustenä. Kustannuslaskelmissa on otettava lisäksi huomioon säästö siitä, että massaa ei levitetä koko ajokaistan leveydelle.

3.5 Jyrsintä

Jyrsinnän tarkoituksena on muodostaa vanhaan päällysteeseen laatikkomainen syvenys, johon uusi päällystekerros voidaan levittää ilman saumausvaikeuksia. Voidaan myös jyrsiä ainoastaan ajourien välinen harjanne pois tarpeellisilta kohdilta. Jyrsintä voidaan tehdä joko kylmäjyrsintänä tai siten, että vanha päällyste kuumennetaan ennen jyrsintää. Kuumajyrsintä sisältyy yhtenä osana edelläselostettuihin kuumennuspintausten menetelmiin II ja III.

Kuumajyrsintä on usein hitaampi menetelmä kuin kylmajyrsintä riippuen päällysteen ja ilman lämpötilasta. Kylmajyrsintä pölyää enemmän kuin kuumajyrsintä. Terien kuluminen ja jyrsintäkustannukset riippuvat kylmajyrsintää käytettäessä voimakkaasti ilman lämpötilasta.

Käytettävän massan maksimi raekokoa ja kerrospaksuutta rajoittaa jyrsintäsyvyys. Yleisimmin jyrsintäsyvyys on ollut 30 mm, jolloin on uuteen päällysteeseen käytetty Ab 16—18 massaa tai valuasfalttia ja 12—18 mm karkeutusta. Jyrsintäsyvyyden lisääminen 40 tai 50 mm:iin, jolloin voitaisiin käyttää Ab 20 tai Ab 25 massaa, lisää poistettavan materiaalin määrää jyrkästi, koska jyrsintä kohdistuu tällöin myös uran pohjien kohdalle. Samalla myös jyrsinnän neliöhinta nousee. Kelvollisen, kantavuutta lisäävän materiaalin runsas poistaminen väkinäisin keinoin tekee jyrsintämenetelmän periaatteessa epätaloudelliseksi, mikäli jyrsintäjätteelle ei löydy toisaalta hyödyllistä käyttökohdetta.

Edellä olevan perusteella jyrsintämenetelmä soveltuu toistaiseksi vain erikoistapauksiin. Jyrsintä on erityisen käyttökelpoinen menetelmä silloin, kun kerrospaksuutta ei voida lisätä, kuten silloilla ja päällysteen liittyessä reunakiviin sekä päällystettäessä nelikaistaisesta tiestä vain kaksi eniten kulunutta kaistaa. Jyrsintämenetelmät eivät sovellu päällysteille, joihin kuuluu vain yksi sidottu kerros.

Jyrsinnän urakkahinta on pienissä kohteissa (sillat, risteykset yms.) 12—20 mk/m². Suurissa kohteissa on kylmajyrsintä (3 cm) maksanut 5—6 mk/m² ja kuumajyrsintä 1 mk/m² vähemmän kuin kylmajyrsintä. Urakkahintaa laskettaessa katsotaan jyrsintäleveydeksi koko telan leveys. Työsaavutus on ollut noin 1200 m²/työvuoro.

3.6 Urapaikkaus

Uudelleenpäällystämisen tai pintauksen sijasta tai niiden siirtämiseksi muutamalla vuodella myöhäisemmäksi voidaan raideurat täyttää valuasfaltilla tai asfalttibetonilla. Tehtäessä urapaikkaus valuasfaltilla levitystyö tehdään urapaikkauslaahaimella. Laahaimen poikkipalkin ja jalasten alareunojen tulee olla samalla tasolla niin, että levityskaista liittyy vanhaan päällysteeseen ilman kynnystä.

Massamenekki riippuu kulumisuran syvyydestä ja muodosta sekä laahaimen leveydestä. Jos laahaimen levitysleveys on puolet uran leveydestä (harjanteelta harjanteelle), on kerrospaksuus uran syvimmällä kohdalla yleensä myös noin puolet uran syvyydestä. Massamenekki on tällöin kuitenkin vain noin kolmannes siitä massamäärästä, joka tarvittaisiin uran täyttämiseksi kokonaan.

Massamäärä, joka tarvittaisiin uran täyttämiseksi kokonaan, lasketaan olettamalla uran keskimääräiseksi syvyydeksi puolet maksimi syvyydestä ja uran leveydeksi harjanteiden huippukohtien väli.

Jos esimerkiksi uran leveys on 160 cm ja syvyys 25 mm, saadaan 80 cm leveällä urapaikkauksella uran syvyys vähennettyä puoleen ja massamenekki on tällöin 16 kg uran juoksumetriä kohti. Jos ajolinjat ovat hyvin keskittyneitä eli raideurat ovat ka-peita, saadaan samalla massamäärällä suurempi osa uran syvyydestä täytettyä. Mat-
talien urien korjaamiseksi on käytettävä hienorakeista massaa. Käytettävän valuas-
falttimassan ja sirotteen maksimiraekoko on yleensä 6—12 mm.

Urapaikkaus valuasfaltilla on edullinen väliaikaisratkaisu raideurien syvyyden pie-
nentämiseksi ennen varsinaista uudelleen päällystämistä. Työnopeus on suuri, ura-
paikkaus on ulkonäöltään siisti ja ajomukavuudeltaan hyvä. Karkeutuksestakin huo-
limatta on kuitenkin kuluneen urapaikkauksen kitka pienempi kuin vanhalla pääl-
lysteellä. Urapaikkaus tulisi rajoittaa kohteisiin, joissa on verrattain alhainen no-
peusrajoitus.

Suurten työkohteiden nopea korjaus vaatii myös suuren massan valmistustehon ja
kuljetuskaluston määrän. Jos valuasfalttia on saatavana jatkuvasti, on työnopeus 500
jm tunnissa.

Valuasfalttiurapaikkauksen kustannuksiksi voidaan arvioida 400 mk/t tielle levitety-
nä. Jos massamenekki on keskimäärin 15 kg/jm, ovat korjauskustannukset keski-
määrin 21 000 mk/tiekilometri, eli 7 m leveällä päällysteellä 3,00 mk/m².

Urapaikkaus voidaan tehdä myös asfalttibetonimassalla Ab 6. Massa voidaan levit-
tää esim. tiehöylään kiinnitetyllä öljysoralaatikolla. Varsinainen levitystasaus tehdään
emälevyyden kiinnitetyllä vanhalla terällä. Terällä voidaan tehdä ajouran kohdalle
15—20 mm korotus. Levitys tapahtuu uran harjalta toiselle nollaten levityspevyyden
ollessa 1,5—1,8 m. Raideuran syvyyden ollessa 20—30 mm keskimääräinen massa-
menekki on 25 kg/jm. Työsaavutus ko. menetelmällä on ollut 15 ton/h. Tiivistämi-
seen voidaan käyttää tavallista 8,0 tonnin kolmivalssiyrää. Kilometrikustannus vaih-
telee 7000—12 000 mk välillä.

3.7 Sirotepinta

Sirotepinta poikkeaa edellä mainituista menetelmistä siinä, että sillä ei yksinään
kyetä korjaamaan merkittävimpiä päällystevaurioita, vaan varsinainen korjaustyö
tehdään ensin ohuella massapintauksella tai tasauskerroksella. Sirotepintauksen teh-
tävänä on parantaa näin korjatun pinnan ominaisuuksia. Alustan tasalaatuisuuden
varmistamiseksi on tasauskerros yleensä tarpeen levittää koko käsiteltävälle pinnalle.
Tasaus olisi tehtävä mieluummin vuotta ennen sirotepintauksen tekoa. Jos tasattu
päällyste joutuu nastarengasliikenteen kuormittamaksi, on tasausmassan kulutuskes-
tävyyyteen kiinnitettävä huomiota. Pintauksessa suositellaan käytettäväksi 16—20 mm
sirotetta.

Sirotepintauksen etuja ovat verrattain hyvä kulutuskestävyys, erinomaiset kitkaomi-
naisuudet myös sateella sekä vaalea väri (käytettäessä vaaleaa kiviainesta). Haittoja

ovat huomattava epäonnistumisriski, tavallista vaikeampi kiviaineksen hankinta, korkea melutaso ja runsas renkaiden kuluminen. Epäonnistuneesta sirotepintauksesta irtoaa kiviä, minkä lisäksi paljastuvat kohdat ovat sileitä ja liukkaita.

Vilkkaasti liikennöidyillä teillä sirotekivet vähitellen kuluvat tai uppoavat alustaan-
sa, jolloin sirotepintausta alkaa lähestyä ominaisuuksiltaan karkeaksi kulunutta asfalt-
tibetonia. Kohtia, joissa on purkautumia tai sideaineen pintaannousua, voidaan kor-
jata uudella käsittelyllä.

Huolimatta sirotepintausten paksuuteensa nähden saavutetuista hyvistä kulutuskestä-
vyystuloksista tulisi niiden käyttö rajoittaa teihin, joiden kantavuus on hyvä ja liiken-
nemäärä enintään 3000 ajon/vrk.

Sirotepintausta tehtäessä tulee erityistä huomiota kiinnittää sääoloihin. Päällistys-
työn onnistuminen edellyttää lämmintä säätä valmistuksen aikana ja useita viikkoja
sen jälkeen, jotta sideaineen liuotin haihtuisi nopeasti ja pinta tiivistyisi liikenteen
vaikutuksesta.

Sirotepintausten kustannukset suurissa kohteissa ovat noin 3 mk/m² ilman kiviain-
esta. Alustan kauttaaltaan tasaus edellyttää lisäksi Ab 12/50 kg/m², joka liimaus
mukaan lukien maksaa yli 5 mk/m², joten kokonaishinta on noin 8,00 mk/m² ja pie-
nissä kohteissa noin 9 mk/m² koko käsiteltävälle leveydelle laskien. Jos asfalttibeto-
nin sijasta käytetään tasausmassaa, ovat kustannukset yli 1 mk/m² pienemmät.

3.8 Kylmäsekoitteiset päällysteet

Bitumiliuossoran tyypillisiä vaurioita ovat alhaisesta bitumi- ja hienoainespitoisuu-
desta johtuva pinnan avonaisuus, verkkohalkeamat ja kulumaurat. Avonaisen pinnan
korjaukseen on käytetty lietepintausta. Lietepintausten käyttö on kuitenkin jäämässä
pois, kun päällysteissä avonaisuuden lisäksi on yleensä muitakin vaurioita ja kun lie-
tepintausta kuluu nastarengasliikenteen vuoksi nopeasti. Lietepintausten kustannukset
omana työnä vuonna 1975 olivat 1,50 mk/m².

Uusia bitumiliuossorapäällysteitä ei enää tehdä eikä vanhojen bitumiliuossorapää-
llysteiden korjauksessa ole myöskään syytä enää käyttää bitumiliuossoraa. Korjausta-
poina tulevat näin ollen kysymyksen samat menetelmät kuin kestopäällysteiden koh-
dalla lukuun ottamatta jyrshintämenetelmää ja repaving-menetelmää. Korjaustavan
valinnassa voidaan siten käyttää kohtien 3.2—3.7 ohjeita soveltuvin osin.

Öljysoran korjauksessa käytetään yleensä karhintaa ja massanlisäystä. Vanhoilla ölj-
jysorapäällysteillä on verkkohalkeama yleinen vaurio. Tämä ei useinkaan merkitse
että alusta olisi liian heikko uudelle öljysoralle, vaan syynä on päällysteen kovettumi-
nen ja haurastuminen. Lisättävä massamäärä on vanhan päällysteen epätasaisuudes-
ta ja kuluneisuudesta riippuen 40—80 kg/m². Tavoitteeksi voidaan asettaa, että kor-
jauksen jälkeen massamäärä on 100 kg/m².

Jos tien liikennemäärä ylittää 1000 autoa/vrk ja sen kantavuus on riittävä, on syytä harkita vanhan öljysoran uudelleenpäällystämistä tai massapintausta asfalttibetonilla tai kevytasfalttibetonilla vaihtoehtona karhinnalle ja massanlisäykselle. Ennen uudelleenpäällystämistä on yleensä vanhan pinta muotoiltava ja tiivistettävä /11/. Vanha päällyste voidaan myös liimata ($0,3 \text{ kg/m}^2$) ennen uuden massan levitystä.

3.9 Muut päällysteet

Paitsi bitumilla sidottuja päällysteitä on myös Suomessa käytetty sementillä sidottuja betonipäällysteitä. Betonipäällysteiden teknillistä ja taloudellista vertailua varten on rakennettu kaksi koetietä ja tutkittu vanhoja betonipäällysteitä. Käyttötavaltaan betonipäällyste poikkeaa asfalttipäällysteestä siten, että betonirakenne toimii sekä kulutuskerroksena että kantavana kerroksena ja osittain jopa jakavana kerroksena. Betonipäällysteitä käytettäessä alusrakenteelle tulee asettaa suuremmat laatuvaatimukset muodonmuutosten ja routimisen suhteen. Betonipäällysteitä ei kannata rakentaa kuin tätä tarkoitusta varten valmistetuilla erikoiskoneilla, joita ei Suomessa nykyisin ole. Betonipäällysteellä on eräitä hyviä puolia asfalttipäällysteeseen verrattuna mm. hyvä kulutuskestävyys nastarengaskulutusta vastaan, valoisuusominaisuudet sekä materiaalien parempi kotimaisuusaste. Betonipäällysteen haittapuolina voidaan mainita uuden päällysteen hidas kovettuminen ja kunnossapidon vaikeudet sekä vanhemmiten saumoista johtuva epätasaisuus.

Erikoiskohteissa tulee kysymykseen tavanomaisesta poikkeavien päällystetyyppien käyttö. Näitä erikoispäällysteitä valmistetaan käyttämällä sideaineessa erilaisia lisäaineita esim. kumia tai muovivaikuttajia. Haluttaessa joustavaa päällystettä osa kiviaineksesta voidaan korvata kumi- tai muovivaikuttajilla, korkilla tms. Erilaisin keinoin voidaan parantaa päällysteen kestävyttä syövyttäviä aineita vastaan. Edelleen päällysteen väriä voidaan vaihdella esim. valitsemalla tietynvärinen kiviaines tai lisäämällä sideaineeseen sopivia väripigmenttejä.

Taajama-alueilla teiden ja katujen päällysteinä tulevat kysymykseen lähinnä arkkitehtonisten seikkojen perusteella erilaiset kiveykset ja laatoitukset. Kiveykset kestävät parhaiten nastarengaskulutusta mutta niiden pinta on epätasainen.

4. PÄÄLLYSTEEN JA SEN KORJAUSTAVAN VALINTA

4.1 Yleistä

Tien rakennussuunnitelmassa määrätään rakennettavan tai parannettavan tien päällysrakenne ja sen osana kulutuskerros. Nykyisten tiesuunnittelunormien /7/ päällysrakennetta koskeva osa on uusittavana. Uusissa ohjeissa tullaan antamaan tarkistettua uuden kulutuskerroksen valintaa koskevat perusteet. Tässä yhteydessä tarkastel-

laan lähemmin vain korjaus- ja vahvistamistavan valintaan vaikuttavia seikkoja. Nämä ovat monin kohdin samoja kuin edellä tarkoitettut perusteet. Aihetta on kuitenkin todeta, että päällystetyypin valintaa asfalttibetonin, kevytasfalttibetonin ja öljyso-
 ran välillä ei aina ole syytä sitoa tiettyyn liikennemäärään. Päällysteen paksuuden va-
 linnassa otetaan huomioon mm. liikennemäärä, alustan kantavuus ja laatu. Ohuiden
 yksikerroksisten päällysteiden käyttöä tulee välttää varsinkin, jos alustan kantavuus
 ei ole hyvä ja jos tiellä on runsaasti raskasta liikennettä.

4.2 Taloudelliset vertailulaskelmat

Päällystevaurioiden korjaamiseksi ja rakenteen kantavuuden parantamiseksi on ole-
 massa useita menetelmiä. Edullisimman korjaus- tai vahvistamistavan löytämiseksi
 on tarpeen tehdä taloudellisia vertailulaskelmia. Niiden tulee perustua lähtötilanteen
 mahdollisimman tarkkaan inventointiin tien kantavuus- ja vauriotietoineen. Vertailu-
 laskelmat joudutaan usein perustamaan epävarmoihin lähtöolettamuksiin, jolloin
 pienet erot lopullisissa vertailukustannuksissa eri toimenpiteiden kesken ovat merki-
 tyksettömiä. Toisaalta on tärkeä tieto sekin, ettei kahden menetelmän kesken voida
 osoittaa merkitsevää eroa edullisuuden suhteen, sillä valinta voidaan tällöin tehdä
 vapaammin muiden asiaan vaikuttavien tekijöiden perusteella.

Valittaessa taloudellisesti edullisinta korjaus- tai vahvistamistapaa tulisi rakennus-
 kustannusten lisäksi ottaa huomioon kunnossapitokustannukset, jäännösarvot, kes-
 toiät ja korkokanta. Vertailukustannukset lasketaan joko kokonaiskustannuksina
 tarkasteluajalta tai vuosikustannuksina päällysteen kestoialta (kaavat 3 ja 4).

$$K = K_r + \sum_{i=0}^T \frac{K_{pi}}{(1 + \frac{p}{100})^i} - \frac{K_j}{(1 + \frac{p}{100})^T} \quad (3)$$

$$\bar{K} = \frac{1}{T} K \quad (4)$$

- K = kokonaiskustannukset ajalta T
- \bar{K} = vuosikustannukset keskimäärin aikana T
- T = tarkasteluaika tai päällysteen kestoikä
- K_r = rakennuskustannukset
- K_{pi} = kunnossapitokustannukset vuonna i
- p = korkokanta
- K_j = jäännösarvo

Rakennuskustannuksilla tarkoitetaan toimenpiteen toteuttamiskustannuksia. Siihen sisältyy urakkahinnan lisäksi alustan viimeistely (mikäli ei kuulu urakkaan), kiviaines-, valvonta- yms. kustannukset, jos ne eri menetelmissä poikkeavat toisistaan.

Päällysteen jäännösarvo on päällysrakenteelta vastaisuudessa vaadittavan lujuuden kannalta hyödyllisen osan arvo. Jos päällyste uusitaan sen ollessa puolittain kulutettu ja jäljellä olevaa osaa voidaan kokonaisuudessaan käyttää hyväksi lujuuden lisäämisessä, on jäännösarvo puolet alkuperäisen päällysteen senhetkisestä arvosta. Loppuun kulutetun ohuen pintausten jäännösarvo on yleensä nolla. Jos päällysrakenne on huomattavasti ylimitoitettu ei päällysteellä ole lujuuden lisäämisessä merkitystä, vaan sen toiminnallinen merkitys on rajoittunut kulutuksen vastaanottoon ja kuormituksen siirtoon alemmille kerroksille. Näissä tapauksissa voidaan jäännösarvo olettaa nollassa ja jättää huomioonottamatta. Rasitteena olevan rakenteen jäännösarvo voi olla negatiivinen.

Kunnossapitokustannukset ja jäännösarvo muutetaan rakentamisajankohtaan diskonttaamalla. Yleisesti korkokantana on käytetty 7,5%. Haluttaessa saada selville korkokannan merkitys voidaan laskelmat tehdä käyttäen edellisen lisäksi korkoprosentteja 5%, 10% ja 12%. Alemman korkokannan käyttöä puoltaa se, että päällystyksen hintataso nousee nopeammin kuin muu hintataso.

Kunnossapitokustannukset voidaan jättää huomioonottamatta, mikäli ne arvioidaan olevan eri menetelmien kesken samansuuruisia. Samanluonteisia toimenpiteitä vertaillaessa myös jäännösarvot voidaan jättää huomioonottamatta. Vertailulaskelmat voidaan tällöin tehdä esimerkiksi annuiteettimenetelmällä, jolloin korjaustavan vuosikustannukset (poisto + 7,5% korko) saadaan kertomalla rakennuskustannukset taulukosta 3 kestoian kohdalta saatavalla annuiteettiteijällä.

Liitteessä 4 on esitetty esimerkinomaisesti kannattavuuslaskelmien tulokset kaikkien edellä esitettyjen korjaustapojen osalta kolmessa tapauksessa. Korjauksen syy on liian syvät raideurat: 25 mm. Muuten on tasaustarve ja kantavuuden parantamistarve vähäinen. Urien leveyden oletetaan olevan suhteessa tien leveyteen. Urakkahinnat ja vuosikustannukset on laskettu päällysteen koko leveydelle. Jotta verrattain pienten kestävyyserojen keskinäinen suhde saadaan oikeaksi, voidaan kestoikäarvioissa käyttää yhtä desimaalia. Liitteessä 4 esitetyt tulokset eivät ole yleispäteviä, vaan laskelmat olisi tehtävä kussakin yksityistapauksessa erikseen. Tällöin voidaan paremmin suunnitella kunkin korjaustavan massankäyttö ja arvioida vastaava yksikköhinta sekä rakeisuusikäyrän, mahdollisen profiloinnin ja tien kantavuuden yms. seikkojen vaikutus kestoikään. Lisäksi voidaan muodostaa enemmän erilaisia vaihtoehtoja ja niiden yhdistelmiä (esim. huonokuntoisimpien kohtien massapintausta nyt ja kolmen vuoden kuluttua Tas + Ab koko pituudelle).

Kuoletus- aika	Annuiteetti- tekijä	Kuoletus- aika	Annuiteetti- tekijä
1	1,075	11	0,136
2	0,552	12	0,130
3	0,384	13	0,123
4	0,299	14	0,117
5	0,247	15	0,113
6	0,213	16	0,110
7	0,189	17	0,106
8	0,171	18	0,103
9	0,156	19	0,100
10	0,145	20	0,098

Taulukko 3: Annuiteettitekijä 7,5% korolla (kertomalla investointikustannukset annuiteettitekijällä saadaan vakiosuuruinen vuosikustannus, joka sisältää muttuvassa määrin poistoa ja korkoa)

Esimerkin laskelmien perusteella ovat vuosikustannusten erot eri korjausmenetelmien kesken verrattain vähäiset. Kuitenkin näyttää suurilla liikennemäärillä olevan kannattavampaa valita suuri maksimi raekoko ja vastaavasti paksu kulutuskerros (Ab 25/120), kun taas pienillä liikennemäärillä on edullista käyttää ohutta massapintausta, jos tien kantavuus on riittävä.

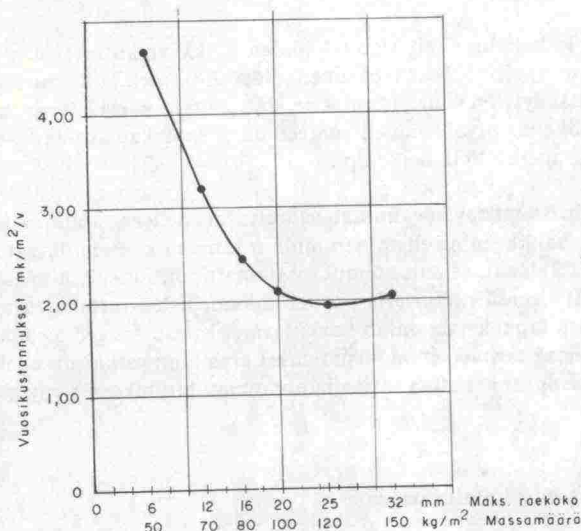
Maksimi raekokoon ja kulutuskerroksen paksuuden vaikutusta vuosikustannuksiin voidaan laskennallisesti tarkastella seuraavasti: Tien liikennemäärä on 4000 autoa/vrk ja Ab 20/100 päällysteen oletetaan kestävän 8 vuotta. Raekoon oletetaan vaikuttavan kestoikään suoraan kulutuskestävyyden suhteessa kuvan 6 (s. 20) mukaisesti 15 vuoden kestoikään saakka. Tasaus maksaa 3 mk/m² ja kulutuskerroksen neeliöhinta saadaan liitteestä 3. Näillä perusteilla saadaan taulukko 4 eri vaihtoehtojen vuosikustannuksista.

Max rae mm	kg/m ²	mk/m ² (ml. Tas)	Ikä v	Annui- teetti- kerroin	Vuosi- kust. mk/m ² /v
6	50	8,60	2,0	0,55	4,73
12	70	10,00	3,8	0,32	3,20
16	80	11,00	5,8	0,22	2,42
20	100	12,20	8,0	0,17	2,07
25	120	14,10	10,5	0,14	1,97
32	150	17,00	13,5	0,12	2,04

Taulukko 4: Asfalttibetonista tehdyn kulutuskerroksen vuosikustannukset eri maksimi raekoon arvoilla

Taulukon 4 osoittamat vuosikustannukset on esitetty myös kuvassa 14. Tulosten perusteella voidaan todeta, että suurella liikennemäärällä on edullisin maksimi raekoko 25 mm. Tämän päällystelajin lisäetuja ovat suuri kerrospaksuus (120 kg/m^2) ja pitkä uusimisväli. Vastaavasti voidaan osoittaa, että pienellä liikennemäärällä on edullisempaa käyttää pientä kerrospaksuutta ja vastaavasti hienorakeisempaa massaa edellyttäen, että kantavuus on riittävä. Lisäksi on huomattavaa, että teillä, joilla on alhainen nopeusrajoitus, on hyväksyttävä urasyvyys suurempi ja kulutuskestävyyden merkitys vastaavasti pienempi kuin teillä, joilla on korkea nopeusrajoitus.

Näillä perusteilla on laadittu yleisluontoinen taulukko 5 päällystelajin valitsemiseksi uudelleenpäällystysten ja massapintausten yhteydessä. Massamäärä taulukossa 5 tarkoittaa tasapaksun laatan massamäärää. Massapintaauksissa siihen on näin ollen lisättävä tasauksen osuus kokonaismassamäärän saamiseksi. Jos kerrospaksuus valitaan taulukon osoittamaa määrää suuremmaksi, korotetaan myös maksimi raekokoa vastaavasti. Jos vain huonoimmille kohdille tehdään massapintausta muutamaksi vuodeksi ennen uudelleenpäällystämistä, käytetään sellaista maksimi raekokoa ja massamäärää, jotka ovat taulukon 5 ilmoittamaa pienempiä (esim. Ab 16/80:n asemesta Ab 12/60). Taulukkoa voidaan käyttää maksimi raekoon valintaan soveltuvassa määrin myös jyrshintämenetelmien, kuumennuspintausten ja repaving-menetelmän yhteydessä.



Kuva 14: Asfalttibetonikulutuskerroksen vuosikustannukset eri maksimi raekoon arvoilla eräässä esimerkkitapauksessa

Muunnettu KVL autoa	Nopeusrajoitus km/h			
	50 tai 60	80	100	120
alle— 500	Ab 12/60	Ab 12/60	Ab 12/60	
500—1500	Ab 12/60	Ab 16/80	Ab 20/100	
1501—3000	Ab 16/80	Ab 20/100	Ab 25/120	
3001—6000	Ab 20/100	Ab 25/120	Ab 25 E/120	Ab 25 E/120
yli 6000	Ab 25/120	Ab 25 E/120	Ab 25 E/120	Ab 25 E/120

Taulukko 5: Päälystelajin valinta päälysteen uusimisen tai massapintauksen yhteydessä. Massamäärä ei sisällä tasauksen osuutta. Alueiden A ja B käytöstä kohdassa 4.3. (Alue A = katkoviivan yläpuoli ja alue B = katkoviivan alapuoli, E = epäjatkuva rakeisuus)

4.3 Muut valintaperusteet

Taloudellisiin laskelmiin sisältyvien tekijöiden lisäksi vaikuttavat menetelmävalintaan mm. eri korjaustapojen väliset erot liikenneturvallisuuden ja ajomukavuuden suhteen, vanhan päälysteen vaurioitumisaste sekä kunkin korjaustavan toteuttamismahdollisuudet. Liikenneturvallisuuden suhteen on urapaikkaus valuasfaltilla tai asfaltti-betonilla muita menetelmiä heikompi.

Korjaus- ja vahvistamistavan valintaan vaikuttavat edelleen rahoitusedellytykset, työllisyyden hoito, hankkeen niveltyminen muihin samana kautena toteutettaviin töihin, saatavilla oleva kalusto, asiantuntemus ja ammattitaito. Pienissä töissä ovat viime-mainitut tekijät yleensä ratkaisevia ja siten taloudellisten vertailujen tekemisen tarpeellisuus näissä tapauksissa onkin harkittava erikseen. Jos työ teetetään urakalla, on edullista pyytää tarjoukset edullisimmaksi arvioidun ratkaisun ohella myös muistaa vaihtoehtoista tai kehottaa tarjoajia antamaan tarjouksensa myös omasta ratkaisustaan.

Tasausmassa ja uusi kulutuskerros

Perusratkaisu, jota käytetään erityisesti silloin, kun tiellä on kulumaurien lisäksi huomattavasti muita vaurioita, kuten epätasaisuutta, paikkauksia, verkkohalkeamia ja yksittäishalkeamia tai kun päälysteeseen kuuluu vain yksi sidottu kerros.

Uusi kulutuskerros tasaamattomalle alustalle

Käytetään kuten edellä mainittua tapaa mutta sellaisilla päällysteillä, joiden keskimääräinen uransyvyys on enintään 20 mm ja joiden pituussuuntainen tasaisuus on niin hyvä, että sekä tasaisuus- että massamäärävaatimukset voidaan saavuttaa ilman erillistä tasausta. Käytettäessä profiloidulla tärypalkilla varustettua levitintä voidaan tätä menetelmää käyttää uransyvyyden ollessa suurempikin.

Massapinta

Käytetään uudelleenpäällystämisen sijasta verrattain vähän kuluvilla päällysteillä (alue A, taulukko 5), joilla ei ole kantavuuden parantamistarvetta eikä verkkohalkeamia. Vilkasliikenteisillä teillä (alue B pääosin) massapintausta käytetään huonokuntoisimpien osuukien korjaamiseen ratkaisuna, jolla uudelleenpäällystämistä voidaan lykätä muutamalla vuodella.

Kuumennuspintaaukset

Käytetään uudelleenpäällystämisen sijasta verrattain vilkasliikenteisillä teillä (alue B, taulukko 5), joilla ei ole raideurien lisäksi huomattavasti muita vaurioita ja joilla keskimääräinen uransyvyys on vähintään 20 mm (Mpk I ja II). Lisäksi sitä käytetään erikoiskohteissa, joissa päällysteen pinnan korotusta halutaan välttää, kuten päällysteen liittyessä reunakiviin tai päällystettäessä vain eniten kuluneet kohdat nelikaistaisilla teillä. Repaving-menetelmässä (Mpk III) ei uransyvyyden suhteen ole rajoitusta. Ko. menetelmä ei sovellu yksikerroksisten päällysteiden korjaukseen.

Jyrsintämenetelmät

Käytetään uudelleenpäällystämisen lykkäämiseen muutamalla vuodella teillä, joilla ei sovellu yksikerroksisten päällysteiden korjaukseen. Kuumennuspintausta on yleensä taloudellisesti edullisempi kuin jyrsintämenetelmä.

Urapaikkaus valuasfaltilla tai asfalttibetonilla

Käytetään uudelleenpäällystämisen lykkäämiseen muutamalla vuodella teillä, joilla on syvät ja kapeat kulumisurat ja joiden nopeusrajoitus on enintään 80 km/h. Lisäksi voidaan käyttää korjaus- ja ennaltaehkäisytoimenpiteenä tapauksissa, jolloin raideuriin alkaa muodostua reikiä.

Sirotepinta

Käytetään uudelleenpäällystämisen sijasta teillä, joilla sirotepintaauksen voidaan olettaa onnistuvan ilman, että alustaa tasataan kauttaaltaan. Liikennemäärän tulee yleensä olla alle 3000 autoa/vrk.

5. PÄÄLLYSTEMASSAN SUHTEITUS

5.1 Yleistä

Päällystetyypin ja -lajin sekä korjaustavan valintaa koskevien ohjeiden avulla määrätään tiettyyn kohteeseen tuleva päällystystoimenpide. Toimenpiteen valinnan tuloksesta saadaan asfalttimassan alustava suhteitus, massamäärä ja maksimiraekoko. Näiden tietojen perusteella saadaan tarvittavan kiviaineksen määrä, rakeisuus sekä muut kiviainesta koskevat vaatimukset. Niitä käytetään hyväksi kiviaineksen hankinnassa. Kun on tiedossa käytettävän kiviaineksen laatu- ja määrätiedot, voidaan ryhtyä asfalttimassan lopulliseen suhteittamiseen, jolla tarkoitetaan sen aineosien määrän ja laadun määräämistä.

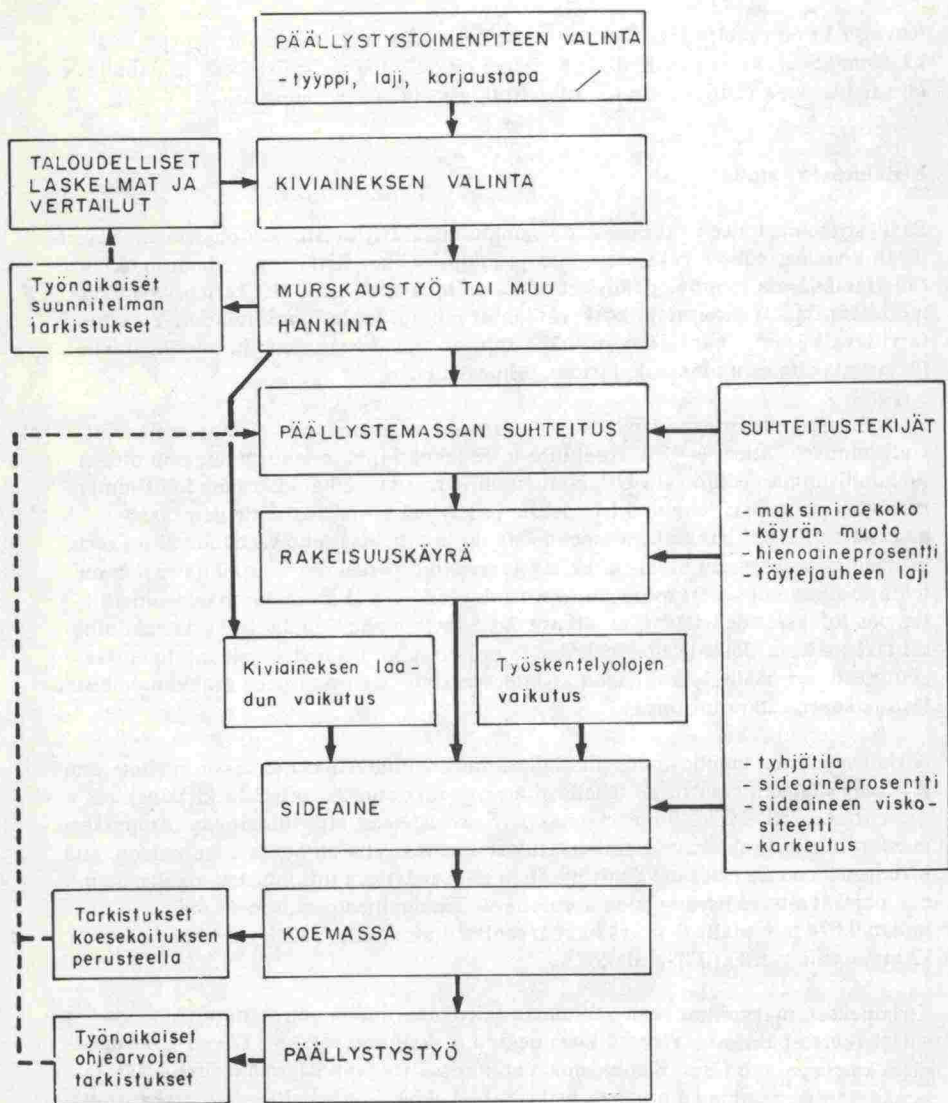
Näissä ohjeissa käsitellään varsinaiseksi päällysteeksi tehtävän sekä paikkaukseen, pintaukseen ja tasaukseen käytettävän asfalttibetonin ja kevytasfalttibetonin suhteitusta, öljysoran sekä paikkauksen käytettävän valuasfaltin suhteitusta ja lisäksi sirotpintaukseen tarvittavien raaka-aineiden valintaa.

Suhteituksen tuloksena saadaan valmistettavan asfalttimassan ohjearvot kuten työssä noudatettava rakeisuuskäyrä, kiviaineksen seossuhteet, sideainelaji ja -pitoisuus, täytejauhepitoisuus ja tartukepitoisuus. Ensiksi määrätään rakeisuusohjekäyrä sekä täytejauhepitoisuus ja käyttäen apuna liitteinä oleviin taulukoihin merkittyjä ohjeellisia arvoja, sideainelaji ja -pitoisuus sekä lisäainemäärät. Suositeltavan sideainelajin ohjearvo on merkitty taulukoihin suorakaiteella. Jos on kyse rikois-
tapauksesta, esim. erittäin epäjatkokäyräisestä asfalttibetonista, ohjearvot on varmennettava laboratoriotutkimuksilla.

Alustavat ohjearvot on tarkistettava heti päällystystyön alkaessa massa- ja päällystennäytteistä saatavien laboratoriotulosten sekä valmiista päällysteestä tehtävien havaintojen avulla. Työselityksen mukaisesti varmistetaan ennen varsinaisen päällystystyön alkamista koeseikoituksella ja tutkimalla massanäyte, että valmistettava massa on suhteitusohjeen mukaista. Tästä koemassasta tehtävästä päällysteestä on silmämääräisin havainnon todettava, onko se ulkonäöltään tyydyttävää tai sellaista, että se edellyttäisi muutoksia suhteitusohjeisiin. Ensimmäiset päällysteestä otettavat poranäytteet on otettava ja lähetettävä VTT:n tutkittavaksi pikaisesti. Samalla on, jos päällysteessä arvellaan olevan virheitä, otettava ylimääräisiä poranäytteitä, jotka ajan säästämiseksi tutkitaan työmaalla tai piirin keskuslaboratoriossa. Tulosten perusteella selvitetään, onko suhteitusohjetta tarpeen tarkistaa.

Työn aikana voi ilmetä sellaisia seikkoja, jotka edellyttävät suhteituksen muuttamista. Näitä ovat esim. kiviaineksen rakeisuuden poikkeaminen otaksutusta, korkeahko tyhjätila ja ulkonäkövirheet kuten sideaineen pintaannousu.

Suhteitusohjeella vaikutetaan siihen, millaiset ovat työn suorittajan edellytykset saada aikaan vaatimusten mukaista päällystettä. Työselityksen mukaisesti on urakalla



Kuva 15: Kivianneksen valinta ja päällystemassan suhteitus

teetettävissä töissä neuvoteltava asiasta urakoitsijan kanssa ennen suhteitusohjeen tai sitä koskevan muutoksen määräämistä.

Kuvassa 15 on esitetty kiviaineksen valinta- ja päällystemassan suhteistusprosessi kaaviona. Seuraavassa käsitellään kiviaineksen valintaa yleispiirteisesti ja painopiste on varsinaisessa päällystemassan suhteituksessa (kaavion alaosa).

Kiviaineksen valinta

Päällystystoimenpiteen valinnassa on samalla määrätty alustavasti ohjeellinen käytettävän kiviainesseoksen rakeisuuskäyrä ja lujusluokka. Kiviaines voidaan hankkia sisällyttämällä sen toimitus päällysteurakkaan, joka edellyttää, että tarjouspyyntöön merkitään tarkat kiviainesta koskevat laatuvaatimukset ja toimitusehdot. Yleisimmin tarvittava kiviaines hankitaan etsimällä sopivat raakakiviainekset ja murskaamalla ne tarvittavilta osin omalla kalustolla tai urakalla.

Päällysteeseen tarvittava kiviaines voidaan monissa tapauksissa seostaa useista eri yhdistelmistä (liitteet 6—13). Hankinta tulee tehdä hinta ja laatu huomioon ottaen mahdollisimman edullisesti. Useimmiten on kannattavaa hankkia mahdollisimman runsaasti paikallisia luonnonkiviaineksia ja käyttää murskaustuotteiden raaka-aineena soraa. Eri hankintavaihtoehtoista on tarvittaessa tehtävä taloudelliset vertailut valmiin päällysteen hinta- ja kestävyysarvioihin perustuen. Vertailuja varten on tehtävä olettamuksia eri osakiviainesten rakeisuudesta ja alustavia massasuhteituksia. Jos tulokset edellyttävät, on alkuperäisiä kiviaineshankintaa koskevia vaatimuksia tarkistettava. Jotta useita eri kohteita palveleva murskaustyö voidaan toteuttaa edullisesti, eri päällystyskohteiden kiviainesevaatimuksia on tarpeen mukaan pelkistettävä ja sopeutettava toisiinsa.

Kiviainesseoksen muodostamista kahdesta tai useammasta osa-aineksesta siten, että seokselle saadaan haluttu tai lähellä sitä oleva rakeisuus, nimitetään kiviaineksen suhteittamiseksi. TIE-240-menetelmässä /8/ selostetaan tätä suhteitusta. Annettaessa massan rakeisuusohjekäyrää laskentatulosten perusteella on otettava huomioon, että kiviaines hienonee massan valmistuksen ja massanäytteen tutkimusten aikana siten, että ohjekäyrän läpäisyarvoja on korotettava. Tämän hienonemisen on todettu olevan seulan 0,074 mm osalla 0,4%-yksikköä, seulan 4 mm osalla n. 2%-yksikköä ja seulan 12 mm osalla runsaat 1%-yksikköä.

Kiviaineksen maksimiraekoon valinnassa tulee ottaa huomioon levitettävä massamäärä (kerrospaksuus). Yleensä kiviaineksen maksimiraekoko on $1/3$ — $2/3$ levitettävästä kerrospaksuudesta. Kuumennuspintauksissa voidaan käyttää levitettävään massamäärään verrattuna suurempaa maksimiraekokoa. Suunniteltaessa murskaustöitä on murskaustuotteen maksimiraekoon ja levitettävän kerrospaksuuden välinen riippuvuus otettava huomioon. Taulukossa 6 on esitetty ohje murskausaikaisen seulan valitsemiseksi halutun asfalttibetonimassan maksimiraekoon ja levitettävän massamäärän mukaan.

Massamäärä kg/m ²	Massan nimi (tunnus)	Maks. raekoko mm (90 läp. %:n kohd.)	Mursk.aik. seula mm
140 — 150	Ab 30	30	35
100 — 140	Ab 25	25	32 (30)
90 — 120	Ab 20	20	25 (24)
70 — 90	Ab 16	16	18 x 40 (20)
50 — 70	Ab 12	12	14 x 34 (16)
50	Ab 8	8	10 x 16

Taulukko 6: Murskausaikaisen seulan valinta asfalttibetonin maksimiraekoon ja levitettävän massamäärän mukaan. (Kesäaikana voidaan käyttää poikkeuksellisesti myös suluissa olevia seulakokoja).

Murskaustyön aikana saattaa ilmetä, että raaka-aineet ja valmiit tuotteet eivät tule oleellisilta kohdin täyttämään hankintasuunnitelman ehtoja. Suunnitelman tarkistamiseksi on selvitettävä uudet käyttökelpoiset vaihtoehdot ja tehtävä niiden perusteella taloudelliset laskelmat. Tulosten perusteella muutetaan tarpeen mukaan hankintasuunnitelmaa ja murskaustyön toteutusta. Vastaavasti on meneteltävä päällystysurakkaan sisältyvän kiviaineshankinnan osalta. Samalla on selvitettävä muutoksen vaikutukset urakoitsijalle tulevaan korvaukseen.

5.2 Asfalttibetonimassat

Yleistä

Eri käyttötarkoituksiin tulevilta asfalttimassoilta vaaditaan toisistaan poikkeavia tai eri tavoin painotettuja ominaisuuksia. Niitä voidaan säädellä muun ohessa massan suhteituksella. Keskeisiä kulutuskerrokselta vaadittavia ominaisuuksia ovat kestävyys nastarengaskulutusta, liikennekuormitusta sekä alustan tuottamia rasituksia vastaan, ajoturvallisuus ja -mukavuussekä sekä kestävyys sään ja kunnossapidon tuottamia rasituksia vastaan. Korkeat vaatimukset nostavat hintaa. Käyttökohteen vaatimukset, edellytetty laatutaso ja kustannukset on pyrittävä sopeuttamaan keskenään asianmukaisesti. Taulukkoon 7 on merkitty tärkeimpien suhteitustekijäin vaikutukset päällysteen ominaisuuksiin ja hintaan. Taulukkoa tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon, että kunkin suhteitustekijän oletetaan muuttuvan aiheuttamatta muutoksia muissa tekijöissä. Käytännössä ko. tekijät ovat riippuvaisia toisistaan, esim. hienoaines- ja sideainepitoisuudet vaikuttavat tyhjätilaan.

Eri kiviainesseokset tarvitsevat rakeiden yhteispinta-alasta ja tiiviiksi sullotun kiviaineksen tyhjätilasta riippuen vaihtelevan määrän sideainetta. Seulan 0,074 mm läpäisevä kiviaines sitoo sideainetta noin 10 kertaa niin paljon kuin saman painoinen määrä kiviainesta 0,074—4 mm ja noin 15 kertaa niin paljon kuin seulalle 4 mm jäävä kiviaines.

Päällysteen ominaisuus Suhteitustekijät	Kulutus- kestävyys	Sään- kestävyys	Marshall- lujuus	Kitka	Ajo- mukavuus	Rak.- kustannus
Maksimi raekoko pieni → suuri	+	—	+	+	—	—
Käyrän muoto jatkuva → epäjatkua	+	+ ¹⁾	—	— ²⁾	—	+
Hienoaineprosentti pieni → suuri	+ ³⁾	+	—	— ⁴⁾	— ⁵⁾	+
Tyhjätila pieni → suuri	—	—	+	+	+	—
Sideaineprosentti pieni → suuri	+	+	—	—	— ⁵⁾	+
Sideaineen viskositeetti pieni → suuri	+	—	+	+	0	0 ⁶⁾
Täytejauheen laji kalkkikivi → syklonijauhe	—	—	—	0	0	—

Huom: ¹⁾ Voi myös huonontua, mikäli tapahtuu lajittumista

²⁾ Aiheuttaa kitkan vähenemistä, mikäli hienoaines- ja sideainespitoisuudet suuria, varsinkin lujittuma-alueella

³⁾ Mikäli karkeita rakeita (12—25 mm) on tarpeeksi

⁴⁾ Varsinkin karkearakeisilla epäjatkuvilla rakeisuuskäyrillä

⁵⁾ Tasaisuuden kannalta paranee (+), turvallisuus huononee (kitka vähenee)

⁶⁾ Mikäli sideainepitoisuus ei muutu

Taulukko 7: Suhteitustekijöiden vaikutus päällysteen ominaisuuksiin (kasvaa = +, vähenee = —, ei muutu = 0)

Kuumasekoitteisilla kulutuskerrosmassoilla kiviaineksen lujuus ja rakeisuus, erityisesti karkeiden rakeiden osuus, määräävät pääosalta sen tason, jolle kulutuskestävyys voi enintään nousta. Bitumilajin ja -pitoisuuden, rakeisuuskäyrän muodon sekä täytejauhепitoisuuden oikealla työkohtaisella valinnalla luodaan edellytykset saada päällyste sellaiseksi, että sen kestävyystaso on korkea.

Esimerkkeinä sellaisista kulutuskestävyyttä huonontavista seikoista, joita voidaan korjata suhteistustarkistuksilla, ovat korkea tyhjätila ja päällysteen lajittuminen, jotka silti monesti ovat suhteituksesta riippumattomia työvirheitä. Lisäämällä sideainepitoisuutta 0,2%-yksikköä alenee tyhjätila noin 0,3%-yksikköä. Vastaavasti täytejauhемäärän lisäys 1,0%-yksiköllä alentaa tyhjätilaa noin 0,4%-yksikköä. Päällystemas-san lajittumisalttiutta vähennetään korottamalla seulan 4 (2) mm läpäisevää määrää, yleensä vähintään 5 %-yksikköä.

Asfalttibetonit

Asfalttibetonimassoja käytetään varsinaisiin kulutuskerroksiin, pintauksiin, paikkauksiin ja myös tasaukseen. Massan käyttötarkoitus tulee ottaa huomioon suhteituksen valinnassa. Liitteiden 6—9 taulukoihin on merkitty asfalttibetoneista Ab 12, Ab 16, Ab 20 ja Ab 25 tietoja päällysteelle asetetuista vaatimuksista, kiviainesseoksen muodostamisesta sekä ohjeelliset bitumipitoisuudet viidelle eri rakeisuuskäyrälle. Liitteessä 10 on esitetty kevyen liikenteen väylille tarkoitettujen asfalttibetonimassojen Ab 12 ja Ab 16 vastaavat tiedot neljälle rakeisuuskäyrälle. Kiviainesseokset on suhteitettu liitteessä 5 esitettyjen kiviainesten keskiarvokäyrien perusteella. Mikäli käytettävissä olevat kiviainekset poikkeavat ko. keskiarvokäyristä on suhteitus suoritettava työkohtaisesti esimerkiksi TIE-240-menetelmän mukaisesti /8/. Taulukoita käytetään suhteituksessa hyväksi siten, että kiviaineksen työkohtaisesta suhteitukselta saatua rakaisuuskäyrää verrataan taulukon peruskäyriin ja valitaan interpoloimalla sideainepitoisuus ottaen huomioon edellä mainittu kiviaineksen hienousasteesta riippuva erilainen bitumitarve. Erityyppisillä käyrillä on täytejauhепitoisuus saatettava sellaiseksi, että käyrän läpäisyarvo seulan 0,074 mm kohdalla on $\pm 1\%$ -yksikön tarkkuudella sama kuin vastaavan tai vastaavien peruskäyrien.

Taulukoiden perusteella saatavaa suhteitusta on tarpeen tarkistaa eräillä kiviaineksesta ja muista tekijöistä riippuvilla seikoilla, sillä taulukot perustuvat kiviaineksen ja työskentelyolojen osalta eräisiin ns. normaaliarvoihin. Jos kohteessa on niihin verrattuna poikkeamia, saatua bitumipitoisuutta tulee tarkistaa taulukon 8 mukaisesti.

Jos useat muutostekijät vaikuttavat samansuuntaisesti, voi tarkistus muodostua ylisuureksi. Tarkistuksen enimmäistarve on yleensä 0,5%-yksikköä.

Muutostekijä	Lisäys %-yks.	Vähennys %-yks.
Kiviaineksen kiintotiheys < 2,60 kg/dm ³ > 2,80 kg/dm ³	0,1 — 0,2	0,1 — 0,2
Murskaantuneiden rakeiden määrä ¹⁾ > 70 paino-% < 50 paino-%	0,1 — 0,2	0,1 — 0,2
Kiviaineksen muotoarvo > 2,7/1,6 > 2,9/1,7	0,1 0,2	
Ilman lämpötila < +10°C > +25°C	0,1 — 0,2	0,2 — 0,3
Ohut kerros, paksuus ≤ 1,5 x maksimi raekoko	0,1 — 0,2	

Huom: ¹⁾ Täysin tai osittain murskautuneiden rakeiden määrä koko kiviainesseoksesta

Taulukko 8: Bitumipitoisuuden tarkistukset alustavassa suhteituksessa

Jos on kyse sellaisesta kiviaineksesta ja käyrätyypistä, josta ei ole varhempia kokeuksia, valittu massan suhteitus on tarpeen testata esimerkiksi Marshall-kokeella (TIE-402 ja TIE-417) /8/. Sideainepitoisuuden ohjearvoksi valitaan tämän kokeen perusteella yleensä tilavuuspainon maksimikohta. Tällöin tulee Marshall-lujuuden olla yli 3 500 N ja tyhjätilan alle 4%. Jos tulokset poikkeavat näistä vaatimuksista, on tarpeen kiviainesten seossuhdetta ja rakeisuutta muuttamalla tai muilla keinoilla parantaa nämä ominaisuudet.

Kun koemassasta tehdystä päällysteestä todetaan, että sen pinta on tiivis ja että siinä esiintyy tasaisesti siellä täällä sileätköjä kiiltäviä kohtia, massan sideaine- ja täytejauhepitoisuus on yleensä valittu asianmukaisesti ja päällysteen tyhjätila on tyydyttävä. Jos päällysteessä kuitenkin todetaan virheitä, jotka eivät ole työvirheitä tai muita suhteituksesta riippumattomia seikkoja, suhteitusta on heti työn alussa tarkistettava. Taulukkoon 9 on merkitty tavallisimmat tarkistusta edellyttävät virheet ja puutteet ja tarkistuksen määrää koskeva suositus.

Puute tai virhe	Tarkistus			Huomautuksia
	Bitumipit. %-yks.	Läpäisy-% # 0,074 mm	Läpäisy-% # 4 (2) mm	
Korkea tyhjätila	+0,2	+1,0		Arvioitu tyhjätilan muutos -0,7 %-yks.
Karkea, avoin pinta	(+0,3)	(+1,0)	+5,0	
Lajittunut pinta	—	—	+5,0	
Ruskea, eloton pinta	+0,4	—	—	
Pinnassa hiushalkeamia	(+0,2)	(+1,0)	-5,0	
Sileä, liukas pinta	-0,3	-1,0	—	
Bitumin pintaannousu	-0,4	—	—	
Pinnassa pientä lyhyt- jaksoista epätasaisuutta	-0,2	-1,0	(-5,0)	

Taulukko 9: Suhteituksen tarkistaminen päällysteessä todettavien puutteiden ja virheiden poistamiseksi

Taulukossa sulkuihin merkityt muutokset ovat toissijaisia tarkistuksia. Jos päällysteessä todetaan useita virheitä, joiden korjaamiseksi tehtävät tarkistukset muuttaisivat suhteitusta samaan suuntaan, voi tarkistustarve ylittyä ja syntyä uusia virheitä. Bitumipitoisuuden osalta on kerralla tehtävä enimmäistarkistus 0,5%-yksikköä, seulan 0,074 läpäisyarvon 2,0%-yksikköä ja seulan 4 (2) mm enintään 7,0%-yksikköä.

Jos virhe on pienekkö, sen korjaamiseen riittää suositeltua pienempikin tarkistus. Taas suositusta suurempia tarkistuksia on yksittäisestä virheestä vältettävä ja kokeiltava koesekoituksella tarkistuksen tuloksia. Samalla on työtapamuutoksilla pyrittävä virheen osittaiseen poistamiseen. Elleivät nämä toimet johda tulokseen, on tarpeen kokeilla uutta tarkistusta tai tehdä perusteellisempi asiaa koskeva selvitys.

Kevytasfalttibetoni

Kevytasfalttibetonimassoja käytetään kuten normaaleja asfalttibetoneita varsinaisiin kulutuserroksiin ja pintauksiin vähäliikenteisillä teillä sekä kevyen liikenteen teillä ja erillisenä piennarpäällysteenä. Massan käyttötarkoitus tulee ottaa huomioon suhteituksen valinnassa. Tavallisimmin tulevat kysymykseen massat kAb 12, kAb 16 ja kAb 20. Kevytasfalttibetonin sideaineena käytetään tieöljyä TÖ-4.

Liitteen 11 taulukossa on esitetty ohjeelliset sideainepitoisuudet erälle rakeisuuskäyrille. Sideainepitoisuuden tarkistukset alustavassa suhteistuksessa ja muun suhteituk-

sen tarkistaminen päällysteessä todettavien puutteiden ja virheiden poistamiseksi voidaan soveltaen tehdä kuten edellä on esitetty varsinaisten asfalttibetonimassojen yhteydessä. Mikäli virheiden korjaamiseksi tehtävät tarkistukset muuttavat suhteitusta samaan suuntaan, on sideainemäärän osalta kerralla tehtävä enimmäistarkistus 0,3%-yksikköä.

5.3 Tasausmassa

Taloudellisuussyistä on vältettävä liiallista tasausmassan käyttöä. Tämän vuoksi tasausmassaan käytettävän kiviaineksen rakeisuus on suhteituksessa valittava huolellisesti. Liitteen 12 taulukossa on esitetty tasausmassalle seitsemän rakeisuuskäyrää sekä niille ohjeelliset bitumipitoisuudet. Taulukkoa käytetään suhteituksessa hyväksi kohdassa 5.2 selostetulla tavalla. Taulukossa esitetyt karkearakeiset tasausmassat (käyrät 6 ja 7) soveltuvat alustassa olevien painumien ja suurehkojen epätasuuksien korjaamiseen. Normaalisti tasaus tehdään rakeisuudeltaan käyriä 4 ja 5 vastaavalla massalla. Tasausmassan laatuun tulee kiinnittää erityistä huomiota mikäli on odotettavissa, että kulutuskerros kuluu puhki ennen uudelleen päällystämistä.

Uratasaukseen ja kohteisiin, joissa joudutaan tekemään ohut tasauskerros, käytetään rakeisuudeltaan käyriä 2, 3 ja 4 vastaavia massoja. Ohuita tasauksia tehtäessä ei käytetä yli 12 mm:n kiviainesta. Bitumipitoisuutta on tällöin varottava pudottamasta liiaksi, sillä tasauskerros jää paikoittain harvaksi. Harvoin kohtiin kerääntyä vettä ja uratasauksen päälle rakennettu ohut kulutuskerros vaurioituu ensimmäiseksi tällaisista kohdista.

5.4 Sidotun kantavan kerroksen massat ja syväasfaltti

Bitumisoran ja -hiekan suhteituksessa on tarpeen ottaa huomioon, että näitä kerroksia pidetään liikenteellä lähes poikkeuksetta useita vuosia ennen varsinaisen kulutuskerroksen tekoa. Tämän vuoksi bitumihiekan käyttö on verrattain vähäistä huonohkon kulutuskestävyyden takia. Jos kerros on liikenteellä enintään kaksi vuotta, bitumisoran ja -hiekan alustava suhteitus valitaan liitteen 13 avulla noudattaen kohdassa 5.2 annettuja ohjeita. Jos kerros on liikenteen alaisena pitempään, se on suhteitettava asfalttibetonin tapaan. On käytettävä 0,2—0,5%-yksiköllä korotettua bitumipitoisuutta ja täytejauhetta siinä määrässä, että valmiin kerroksen tyhjätila on enintään 5%.

Syväasfalttia käytetään kantavuuden lisäämiseksi ja korvaamaan sitomattomia kerroksia. Jos tien tasausta ei voida korottaa tai tiealuetta laajentaa korotuksen edellyttämällä tavalla, on syväasfaltti kantavuuden lisäämiseksi sopiva ratkaisu. Syväasfaltin on oltava halpaa, joten laatuvaatimukset ovat lievemmat kuin muilla asfalttipäällysteillä. Syväasfalttimassa on suhteitettava sideaineköyhäksi niin, että bitumipitoisuus (bitumi B-65 tai B-80) on välillä 3,5—4,5%. Suhteitus tehdään liitteen 14 avulla.

Syvääsfaltti levitetään tielle yhtenä tai useana kerroksena. Jos pintakerros joutuu toimimaan useita vuosia liikenteen käytössä, on massa suhteitettava bitumisoraa vastaavaksi tarvittavan kulutuskestävyyden saavuttamiseksi. Tällöin on massan bitumipitoisuutta lisättävä ja käytettävä mahdollisesti täytejauhetta.

Koska syvääsfalttia käytetään kantavuuden lisäämiseen, on siitä tehdyn rakenteen oltava riittävän lujaa ja tiivistä. Syvääsfaltista otettujen päällystenäytteiden ja sullottujen massanäytteiden (Marshall-kappaleiden) tilavuuspainosuhteen on oltava vähintään 0,95 eikä Marshall-lujuus (TIE-417) /8/ yleensä saa olla alle 1 500 N.

5.5 Valuasfaltti

Valuasfalttia käytetään päällysteiden kunnossapitotöissä reikien ja kuoppien paikkaukseen sekä raiteiden urapaikkaukseen ja siltojen kulutuskerroksena. Siltojen eristysvaluasfalteista on ohjeet julkaisussa RIL 91b, Tekniset ohjeet sillan eristyksestä ja asfalttipäällystyksestä /9/.

Sideaineena käytetään bitumeja B-45, B-65 ja B-80. Sideaineena voidaan käyttää myös seosta, jossa on bitumin lisäksi luonnonasfalttia tai puhallettua bitumia. Luonnonasfaltin lisäys nostaa bitumien pehmenemispistettä ja lisää siten päällysteen kovuutta. Yleisesti käytetään luonnonasfalttina Trinidad Epuréta 20...30% sideaineen määrästä. Luonnonasfaltin lisäyksellä on todettu olevan päällysteen kulutuskestävyyttä parantava vaikutus. Käytettäessä puhallettua bitumia pehmenemispisteen nostamiseen on sen lisäysmäärä kolmannes sideaineen koko määrästä.

Kiviainesseos suhteitetaan tavallisesti seuraavista aineista tai niiden seoksista: sepeli, murske, murskesora, sorasepeli, hiekka ja täytejauhe. Ajoinapääällysteissä on täytejauhetta käytettävä vähintään 20% kiviaineksen painosta. Vertaamalla kiviaineksen suhteituksessa saatua käyrää liitteessä 15 esitettyihin peruskäyriin voidaan valita valuasfaltin sideainepitoisuuden alustava ohjearvo.

Varsinaisissa päällystystöissä on alustavasti valittu sideainepitoisuuden ohjearvo tarkistettava ennakkokokeilla (TIE-431). Tällöin painuma-arvon mukaan selvitetään käytettävän bitumin laji ja määrä sekä luonnonasfaltin määrä. Bitumin määrän tulee ylittää tiiviiksi sullotun kiviaineksen tyhjättilä. Käsityönä levitettävän ja urapaikkaukseen käytettävän valuasfalttimassan on oltava pienirakeista, jotta se olisi työstettävää. Sopiva maksimi raekoko on 8...12 mm.

Urapaikkaukslaahaimella tai käsityönä levitetyn päällysteen sallittua suuremmat epätasaisuudet on poistettava levitystyon aikana hiertämällä. Hiertämisessä käytetään kuivaa, pölytöntä ja teräväsärmäistä hiekkaa, jonka raekoko on 0...6 mm. Koneellisessa valuasfaltin levityksessä nollataan levityskaista kolalla ja hiertämällä, mikäli poikki- ja pitkittäissaumoja ei ole jyrskitty tai aukihakattu.

Kitkan ja kulutuskestävyyden parantamiseksi ajoratapäälysteeksi tehtävä valuasfaltti karkeutetaan bituminoidulla sepelillä, jonka raekoko on 12...16, 16...20 tai 20...25 mm. Karkeutuskiviaineksen tulee täyttää I laatuluokan vaatimukset. Bitumin määrä on sopiva, kun kivirakeet peittyvät joka puolelta bitumilla, mutta eivät tartu kiinni toisiinsa. Kastelemalla tuote saadaan rakeet pysymään irrallisina.

5.6 Öljysora

Muokattavuutensa vuoksi öljysora soveltuu paitsi varsinaiseksi päälysteeksi myös paikkaukseen. Jos öljysorapäälyste on vaurioitunut paikkauskelvottomaksi sekä kulunut ohueksi ja epätasaiseksi, se voidaan korjata karhintaa ja massan lisäystä käyttäen. Öljysoran kiviaines (murske tai murskesora) valitaan ottaen huomioon massan käyttötarkoitus. Käsityönä tehtävässä öljysorapaikkauksessa käytetään hienoa kiviainesta 0—12 mm. Uuden kulutuserroksen tekoon sekä karhintaan ja massan lisäykseen tarkoitettu massa valmistetaan raekooltaan 0—12...18 mm:n kiviaineksesta.

Öljysoran sideaineena käytetään tieöljyä, johon sekoitetaan sopiva määrä tartuketta. Sideainepitoisuuden ohjearvo määrätään liitteen 16 perusteella. Taulukon arvot perustuvat normaaliin öljysorapäälysteen tekemiseen kuivaamattomasta kiviaineksesta. Kiviaineksen kuivaaminen on suositeltavaa öljysoraa valmistettaessa, jos keskimääräinen vesipitoisuus ylittää 4% kuivana aikana ja 3% kosteana aikana. Kuivatun kiviaineksen vesipitoisuus tulee olla 0,5—1,5%. Tällöin taulukon (liite 16) perusteella saatua tartukepitoisuutta on tarkistettava. Mikäli öljysoramassaa valmistetaan varastoon kunnossapitoa varten, joudutaan sideainepitoisuutta tarkistamaan. Myös päällystystyön alkuvaiheessa saattaa valmiissa päälysteessä ilmetä erinäisiä puutteita tai virheitä, jotka edellyttävät suhteituksen tarkistamista. Taulukkoon 10 on koottu tavallisimmat tarkistusta edellyttävät muutostekijät, puutteet ja virheet ja tarkistuksen määrää koskeva suositus.

Öljysorassa voi esiintyä sellaisia virheitä, joiden korjaamiseksi tehtävät tarkistukset muuttaisivat suhteitusta samaan suuntaan. Tällöin voi tarkistus taulukon mukaisilla arvoilla olla liian voimakas ja syntyy uusia virheitä. Sideainemäärän osalta kerralla tehtävä enimmäistarkistus on 0,3%-yksikköä. Päälysteessä todetun virheen ollessa pieni riittää sen korjaamiseen suositeltua pienempikin tarkistus.

Muutostekijä, puute tai virhe	Tarkistustoimenpide
ÖS-varastomassan valmistaminen	Sideainepitoisuuden lisäys +0,2%
ÖS-paikkausmassan valmistaminen (paikkaus käsityönä)	Sideainepitoisuuden lisäys +0,2%
ÖS-päällysteen karhinta + massan lisäys	Sideainepitoisuuden lisäys +0,1...0,3 % riippuen karhitun massan sideainepitoisuudesta
Hiekkapussi rakeisuuskäyrässä	Sideainepitoisuuden lisäys +0,2 %
Helteinen säätila ja kostea kiviaines	Sideainepitoisuuden vähennys —0,2%
Liikennemäärä KVL > 1000 ajon/vrk	Sideainepitoisuuden vähennys —0,2 %
Lajittunut pinta	Läpäisy-%:n # 2 mm muutos +5 %
Karkea, avoin pinta	Läpäisy-%:n # 2 mm muutos +5 %
Ruskea, eloton pinta	Sideainepitoisuuden lisäys +0,3 %
Tieöllyn pintaannousu, sileä ja liukas pinta	Sideainepitoisuuden vähennys —0,3 %

Taulukko 10: Suhteituksen tarkistaminen öljysoramassaa valmistettaessa

5.7 Sirotepinta

Sirotepinta on päällysteen pintaan bitumisella sideaineella liimattu ohut kivirae-kerros. Se soveltuu käytettäväksi sekä uusien että vanhojen päällysteiden ja sidotun kantavan kerroksen uutena kulutus pintana. Jos kantavuus on riittävä, voidaan sirotepintausta käyttää myös kuluneen öljysorapinnan korjauksessa. Sirotepintauksen käyttö edellyttää alustan huolellista korjaamista ja tasaamista yhtä vuotta, kuitenkin vähintään yhtä kuukautta ennen pintausta tekoa.

Sirotepintaukseen käytettävän kiviaineksen tulee täyttää I laatuluokan vaatimukset. Sorasta tai louheesta murskatun siroteen sopiva raekoko on liikennemäärästä riippuen 8—12 mm, 12—16 mm tai 16—20 mm. Sirote 8—12 mm soveltuu vain vähäliikenteisille teille sekä kuluneiden ja vaurioituneiden sirotepintausten uusimiseen ja korjaamiseen. Hyvän tarttuvuuden aikaansaamiseksi on kiviaineksen oltava puhdas. Seulan $\pm 0,074$ mm läpäisevä määrä saa olla enintään 1%. Tarvittaessa pöly ja lika poistetaan siroteesta pesuseulonnalla.

Siroteen liimaukseen käytetään bitumiliuosta BL 5. Sideainemäärä (kg/m^2) on riippuvainen alustan laadusta, käyttökohteen liikennemäärästä ja siroteen raekoosta. Liian vähäisen sideainemäärän käytöstä on seurauksena siroteen irtoaminen. Tämän vuoksi on sideaineen määrä työn aikana pidettävä mahdollisimman korkeana kuitenkin niin, että sideaineen pintaannousua ei tapahdu. Alustavasti sideainemäärä voidaan valita taulukon 11 perusteella.

Jos sirotteen raekoko on 8—12 mm, sideainemäärä on yleensä 1,3—1,6 kg/m². Vähäliikenteisissä kohteissa (alle 500 autoa/vrk) sideainemäärää lisätään 0,1—0,2 kg/m² ja samoin varjoisissa tienkohdissa 0,1 kg/m². Jos liikenne on vilkasta ja ajorata raiteistunutta, sideainemäärää on raiteiden kohdalla pyrittävä vähentämään 0,2—0,3 kg/m². Sideainemäärää tulisi lisäksi vähentää 0,1 kg/m² sellaisissa kohdissa, joissa on suurehko pituuskaltevuus. Sideaineeseen lisätään diamiini-tyyppistä tartuketta. Tartukemenekki on yleensä 1,0...1,2% sideaineen painosta.

Alusta	Liikennemäärä KVL ajon/vrk	Sideaine kg/m ²	Sirotteen raekoko mm
Pehmeä ja sideainerikas (esim samana vuonna tehty Mp tai karhinnalla tasattu ÖS)	≤ 1500	1,7	12 — 16
	> 1500	1,6	16 — 20
Tiivis ja sideaineköyhä (esim. vanha Ab)	≤ 1500	2,0	12 — 16
	> 1500	1,9	16 — 20
Avoin ja karkea alusta	≤ 1500	2,4	12 — 16
	> 1500	2,3	16 — 20

Taulukko 11: Sideaineen ohjearvot eri tapauksissa

Kirjallisuutta:

- /1/ Tienrakennustyöt, yleinen työselitys
TVH 732454...732461
- /2/ Päällystystöiden työselitys 1978
TVH 732799
- /3/ TVH:n tierekisteri: Ohjeet kantavuuden mittauksen suorittamisesta tierekisteriä varten
- /4/ Stabilointiohjeet
TVH 732614
- /5/ Maarakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeita, osa IV
TVH 730004
- /6/ Tiepäällysteiden korjausohjeet 1975
TVH 732854
- /7/ TVL:n normaalimääräykset ja ohjeet
TVH 722300
- /8/ Asfalttipäällysteiden koestusmenetelmiä (TIE-menetelmät); VTT:n tie- ja liikennelaboratorio, tiedonanto 8
Otaniemi 1972
- /9/ RIL 91b: Tekniset ohjeet sillan eristyksestä ja asfalttipäällityksestä 1975
- /10/ Tie- ja siltapäällysteiden urakointikustannukset v. 1977
TVH 732797
- /11/ Rakenteen parantamisen yleinen työselitys TVL 1978
TVH 732401
- /12/ Nastarenkaita koskevat liikenneteknilliset tutkimukset 1975—76
VTT, Tie- ja liikennelaboratorio, tutkimusselostus 77, Espoo 1977

Uutta päällystettä koskevat sivukaltevuuden ohjearvot:

A. 1-ajorataiset tiet

Sivukaltevuus suoralla tiellä

Päällystetyyppi	Tavoitearvo	Vähimmäisarvo
Asfalttibetoni	3,0 %	2,5 %
Valuasfaltti	2,5 %	2,0 %
Pintaukset	3,0 %	2,5 %
(Öljysora	4,0 %	4,0 %)

Sivukaltevuus kaarteissa

Yksipuolisesti kallistetuissa kaarteissa tavoite ja vähimmäisarvot ovat vähintään samat kuin suoran tien vastaavat luvut (kaarteissa sivukaltevuus voi luonnollisesti olla suurempi kuin suoralla riippuen mitoitussnopeudesta ja säteestä, ks. uusien teiden ohjeet).

Huomautuksia

- 1) Edellä mainitut luvut koskevat kaltevuusvaatimuksia varsinaisen ajoradan osalta. Kapeat päällystetyt pientareet tehdään normaalisti samaan kaltevuuteen kuin ajorata. Tästä pääsäännöstä voidaan kuitenkin poiketa, jos näin menetellen saavutetaan kustannussäästöjä. (Esim. jyrshintämenetelmää tai kuumennuspintausta käytettäessä voi piennar jäädä entiseen kaltevuuteensa).

Leveäpientareisilla teillä, joilla piennar voi olla eri kaltevuudessa kuin ajorata, tehdään piennar normaalisti 3...4% kaltevuuteen, kuitenkin vähintään samaan kaltevuuteen kuin ajorata. Tästä pääsäännöstä voidaan poiketa samoin kuin kapeapientareisilla teillä.

- 2) Sivukaltevuuden muutosmatkat säilytetään ennallaan, jolloin muutosnopeus kasvaa.
- 3) Silloilla kaltevuudet säilytetään ennallaan. Kaltevuuden muutosnopeutena siirryttäessä tieltä sillalle käytetään 1%/15 m.
- 4) Ohjeita noudatetaan teillä, joiden KVL on yli 5000 ajon/vrk sekä teillä, joiden KVL on yli 3000 ajon/vrk ja nopeusrajoitus vähintään 100 km/h. Muilla teillä voidaan kaltevuusarvoista harkinnan mukaan tinkiä.

- 5) Kussakin päällystyskohteessa on erikseen selvitettävä, millaisiin kaltevuusarvoihin on rahoitustilanne huomioon ottaen mahdollisuus päästä. Tämä samoin kuin päällystysmenetelmän valinta edellyttää eri vaihtoehtojen vertailua ja yleensä erityisen päällystyssuunnitelman (tasaussuunnitelma) laatimista, josta ilmenee esim. tarvittavat päällystepaksuudet ajoradan reunoilla ja keskellä. Sivukaltevuus voi vaihdella samallakin tiellä; esim. kaikilla suorilla osuuksilla ei ole välttämättä käyttää tiettyä yhtä kaltevuusarvoa, vaan kaltevuutta voidaan vaihdella massamene-
neki huomioon ottaen.

B. 2-ajorataiset tiet

Sivukaltevuusohjeena käytetään 1-ajorataisen tien vähimmäisarvoja. Suurempien kaltevuuksien käyttö on suositeltavaa, jos rahoitustilanne sallii.

Muilta osin sovelletaan 1-ajorataisten teiden ohjeita.

OHJEET KESTOPÄÄLLYSTEIDEN UUSIMISTARPEEN MÄÄRÄÄMISESTÄ 1977

1. Johdanto

Kestopäällysteen uusiminen tai laajahkon korjauksen tarpeellisuus selvitetään päällystevaurioista liikenteelle, kunnossapidolle sekä rakenteiden säilyvyydelle arvioitavien haittojen ja vahinkojen perusteella. Koska laajatkin paikoittaiset korjaustoimenpiteet tulevat kustannuksiltaan edullisemmiksi kuin päällysteen uusiminen, on uusimista tällaisin korjaustoimin pyrittävä siirtämään niin pitkälle kuin se kohtuudella katsotaan mahdolliseksi.

Näitä ohjeita ei sovelleta päällystämisen ajoittamiseen ns. vaiherakentamisen yhteydessä.

2. Vaurioista aiheutuvat haitat

Näissä ohjeissa on uusimistarpeen kannalta katsottu merkityksellisiksi vaurioiksi päällysteen urautuminen, kulutuskerroksen puhkikuluminen, sidottujen kerrosten kuluminen liian ohueksi, huonokuntoiset paikkaukset, epätasaisuus ja verkkohalkeamat. Muut vauriot kuten yksittäiset halkeamat ja laajahkot painumat eivät yleensä aiheuta liikenteelle kohtuutonta haittaa eivätkä vaaranna rakenteen säilyvyyttä. Lisäksi ne ovat kunnossapitotoimenpitein suhteellisen halvalla korjattavissa. Nämäkin vauriot tulevat huomioon otetuksi sikäli, että ne tai niiden korjaustoimenpiteet lisäävät jotakin mitattavaa vauriotekijää, lähinnä epätasaisuuslukua.

Edellä mainittujen periaatteiden mukaisesti ei uusimispäätökseen saa sinänsä vaikuttaa päällysteen ulkonäkö.

Päällystevaurioista urautuminen vaarantaa lähinnä liikenneturvallisuutta, epätasaisuus heikentää ajomukavuutta ja kulutuskerroksen puhkikuluminen, sidottujen kerrosten kuluminen liian ohueksi ja verkkohalkeamat heikentävät rakenteen säilyvyyttä. Urien ja epätasaisuuden aiheuttama haitta kasvaa ajonopeuden lisääntyessä. Siksi on perusteltua, että näiden vaurioiden sallitut määrät ovat nopeudesta riippuvia. Samoin kasvaa kaikkien em. vaurioiden aiheuttama haitta liikennemäärän kasvaessa.

3. Vaurioiden mittaus

Uransyvyiden mittaukseen käytetään 3,5 metrin (ajokaistan leveys) oikolautaa. Mittaus tehdään ulkoraiteista, uran pohjan tasosta oikolaudan alareunaan. Mittauksessa voidaan käyttää esimerkiksi oikolaudan alle työnnettävää mittakiilaa. Mittaus tehdään tasavälein, esim. sadan metrin välein, ja tiekilometrin uransyvyys ilmoitetaan havaintojen keskiarvona. Mittaus voidaan tehdä myös hinattavalla mittalaitteella (VTT). Tällöin on saadut tulokset muunnettava vastaamaan 3,5 metrin oikolaudalla suoritettavaa mittausta.

Epätasaisuuden mittaamiseen käytetään yhteenlaskevaa sysäysmittaria. Se on auton perässä vedettävä henkilöauton tapaan jousitettu mittapyörä, jonka akselin pystysuora liike rekisteröityy mittalaitteeseen. Tällä tavalla saadaan epätasaisuuden suhteellinen arvo cm/km eli epätasaisuusluku. Verkkohalkeamien osuus arvioidaan silmämääräisesti ja vain ajoratapäällysteen osalta. Jäljellä oleva sidotun kerroksen keskimääräinen paksuus lasketaan kulumauran syvyyden ja alkuperäisen paksuuden perusteella tai mitataan kulumauran pohjalle tehdyistä rei'istä.

Mittaus tehdään yleensä vain sen tekijän osalta, jonka arvioidaan ylittävän sallitun arvon.

4. Päällysteen uusimistarve

Taloudellisista syistä ei päällysteen uusimiseen tule ryhtyä ennen kuin jokin seuraavista ehdoista I—VI toteutuu.

- I Keskimääräinen uran syvyys (mm) vähintään taulukon 1 mukainen. Uran syvyyden keskiarvon sijasta voidaan käyttää myös sitä uran syvyyden arvoa, jonka 20% mittaustuloksista ylittää. Taulukosta 1 saatavia arvoja on tällöin korotettava nopeuksilla 120—50 km/h vastaavasti 5—8 mm.

Ohjelmavuoden KVL ajon/vrk	Nopeusrajoitus km/h			
	50 tai 60	80	100	120
alle 1500	45	35	26	18
1500...6000	40	31	23	16
yli 6000	35	27	20	14

Taulukko 1: Keskimääräinen uran syvyys, mm

- II Ylimmän päällystekerroksen puhkikulumia kahden eniten kuluneen raiteen yhteispituudesta vähintään 20%.
- III Sidottujen kerrosten jäljellä oleva yhteispaksuus uloimman raiteen pohjassa keskimäärin enintään 2 cm, mitataan poraamalla.
- IV Huonokuntoisia tai epätasaisia erillisiä paikkoja koosta riippumatta vähintään 40—80 kpl/km liikennemäärästä, nopeusrajoituksesta ja paikkojen laadusta riippuen.
- V Verkkohalkeamia vähintään 30% pinta-alasta tai verkkohalkeamien purkautumisvaara.
- VI Epätasaisuusluku vähintään 250—350 cm/km nopeusrajoituksen suuruudesta ja liikennemäärästä riippuen.

Vaurioitumisasteen sallitut arvot ovat tieosalle laskettuja keskiarvoja. Tieosalla tarkoitetaan tässä tiejaksoa, jonka eri osissa liikennemäärä ja päällysteen vaurioitumisaste ovat likipitäen vakioita ja joka pituutensa puolesta voi tulla kysymykseen erillisenä päällystyskohteena.

Kun vauriomittaus joudutaan yleensä suorittamaan suunniteltua päällystämisvuotta edeltävän vuoden keväällä, on kulumista koskeviin mittauslukuihin lisättävä väliaikana tapahtuva kuluminen. Vuotuinen kuluminen saadaan jakamalla kokonaiskuluminen päällysteen iällä. Myös epätasaisuuden tai verkkohalkeamien määrän kasvua voidaan samalla tavalla hieman ennakoida.

Verkkohalkeamien osalta ilmoitettu vaurioitumisaste koskee sellaisia tapauksia, joissa verkkohalkeamat ovat muodostuneet hitaasti usean vuoden kuluessa. Muulloin verkkohalkeamien merkitys uudelleenpäällystämisen kiireellisyydelle harkittava erikseen.

Mittausten lisäksi tulee suorittaa eri asiantuntijoiden toimesta arviointeja päällysteen vaurioista ja niiden merkityksestä liikenneturvallisuudelle, ajomukavuudelle, kunnossapidolle ja rakenteen säilymiselle.

Päätös päällysteen uusimisesta tai uusimisen siirtämisestä ja mahdollisesti muista vaihtoehtoisista korjaustoimenpiteistä tehdään mittaustulosten ja asiantuntija-arvioiden sekä muiden asiaan vaikuttavien seikkojen perusteella. Mittausten antaman tuloksen tulee kuitenkin olla ensisijainen päätökseen vaikuttava tekijä.

Tiepäällysteiden yksikköhinnat vuonna 1977
(urakat, rakennuttajan kiviaines) /10/

Liite 3

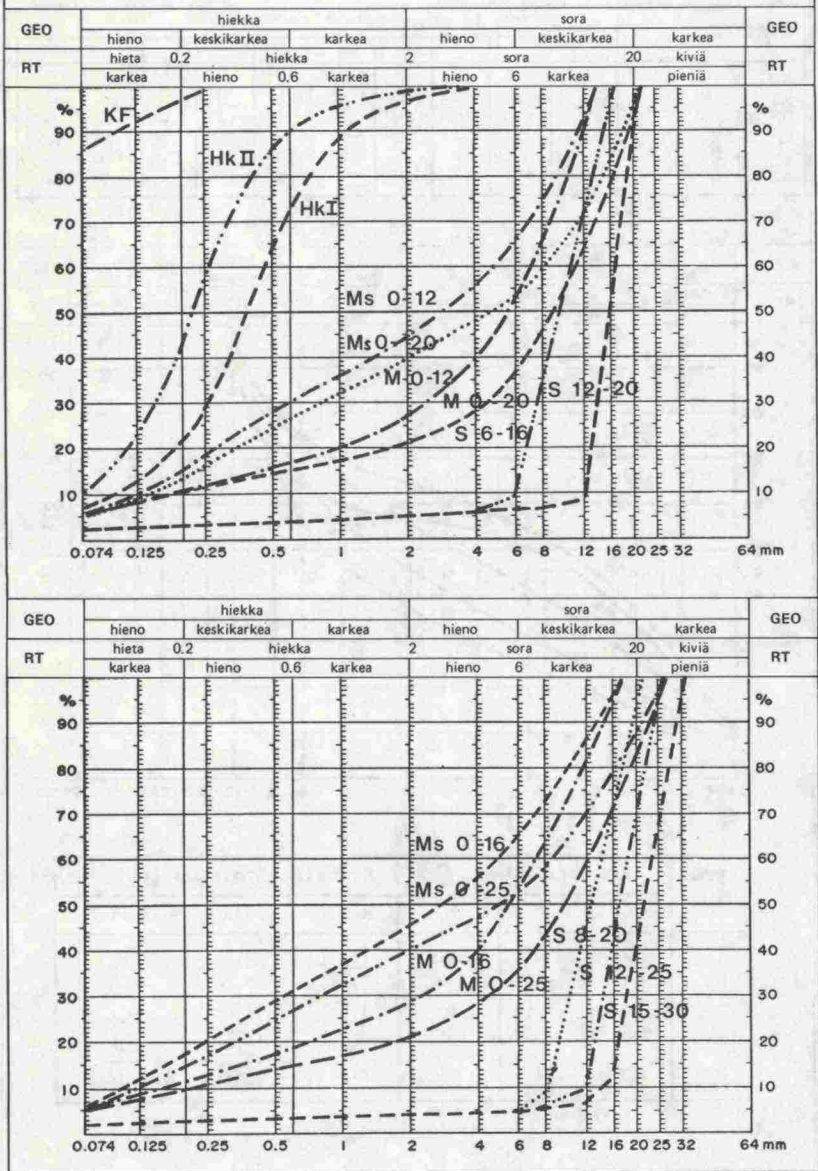
Päällyste	Urakoita kpl	Yks.hinta mk/m ²		Määrä yht. m ²
		ka	kh	
Ab 16-18/80	13	7,98	0,38	544 875
Ab 18-20/100	29	9,21	1,06	1 548 825
Ab 18-25/120	54	11,10	1,18	3 055 943
Ab 20-25/150	6	14,02	1,00	363 409
BS 25-32/150	2	11,65	0,38	61 500
Mp 12/50	2	5,66	0,02	25 200
Mp 12/70	2	7,00	0,00	16 100
Mpk 18/60	4 (oma työ)	8,80	—	290 400
Mpk III E20/50	1	10,75	0,00	28 000
kAb 14/80	4	8,01	2,02	10 175
kAb 12/75	5	6,71	1,48	31 950
ÖS 18/60	3	3,00	0,00	55 600
ÖS 18-25/100	30	4,57	0,69	1 574 835
ÖSk 18/100	20	5,99	0,57	350 310
Liimaus	94	0,42	0,07	5 622 648
Jyrsiminen	2	10,28	1,15	14 325
Päällyste	Urakoita kpl	Yks.hinta mk/t		Määrä yht. t
		ka	kh	
Ab 16	7	96,98	35,47	21 187
Ab 18	3	99,60	0,62	13 400
Ab 20	7	88,91	6,86	76 000
Mp 12	13	94,63	8,76	32 050
Mp 20	10	87,83	7,06	51 972
Ösk 18	6	55,18	5,18	35 855
Tas	40	80,41	9,74	85 260

Toimenpide	1 KVL = 1500; Leveys 6,5 m			2 KVL = 3000; Leveys 7,5 m			3 KVL = 6000; Leveys 9,0 m		
	mk/m ²	v	mk/m ² /v	mk/m ²	v	mk/m ² /v	mk/m ²	v	mk/m ² /v
1. Tas 20 kg/m ² + Ab 20/100	11,50	12,0	1,50	11,50	11,0	1,56	11,50	7,0	2,17
2. Tas 20 kg/m ² + Ab 25/120	13,20	12,5	1,68	13,20	11,5	1,76	13,20	9,3	2,02
3. Tas 40 kg/m ² + Ab 20/100	13,00	12,0	1,69	13,00	11,0	1,77	13,00	7,0	2,46
4. Tas 40 kg/m ² + Ab 25/120	14,70	12,5	1,87	14,70	11,5	1,96	14,70	9,3	2,25
5. Ab 20/120 keskim	11,50	12,0	1,50	11,50	11,0	1,56	11,50	6,5	2,30
6. Ab 20E/100	11,00	12,0	1,43	11,00	11,0	1,50	11,00	7,0	2,08
7. Mp 12/50	6,00	5,0	1,48	6,00	4,0	1,79	6,00	2,8	2,48
8. Mp 12/70	7,40	7,0	1,40	7,40	5,0	1,83	7,40	3,1	2,77
9. Mpk II 18/50 (2 x 3,2 m:lle)	7,50	8,0	1,28	6,40	6,0	1,36	5,30	3,8	1,65
10. Mpk III 20E/50 (70 %:lle leveydestä)	10,75	8,0	1,84	10,75	7,0	2,03	10,75	5,0	2,66
11. Jyrsintä + Ab 20/100	10,50	9,0	1,64	10,50	8,0	1,80	10,50	6,0	2,24
12. Urapakkaus (13,15, 18 kg/jm)	2,90	4,5	0,78	2,90	3,5	0,99	2,90	2,5	1,33
13. Tas 50 kg/m ² + Sip	7,20	6,0	1,53	7,20	4,0	2,15	7,20	3,0	2,76

Liite 4: Päälystekorjausten urakkahinta, kestoikä ja vuosikustannukset
eräissä esimerkkitapauksissa

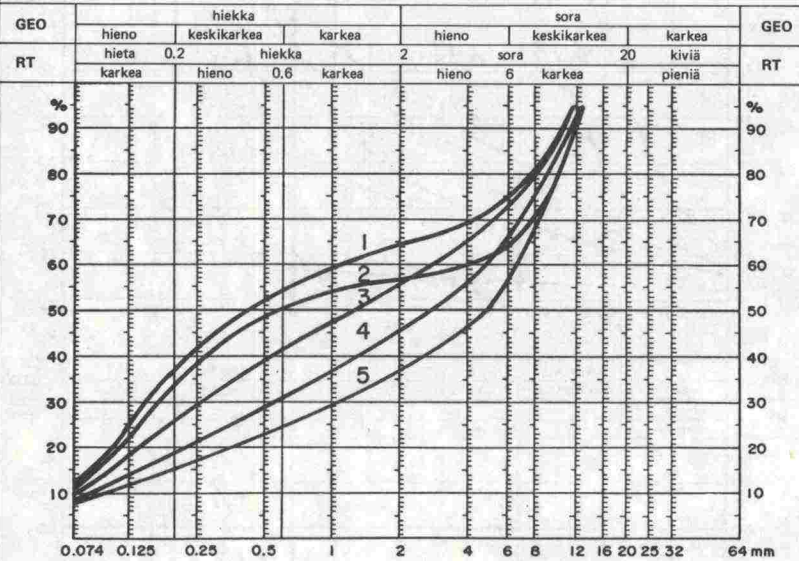
Kiviainesten keskiarvokäyrät

LIIITE 5



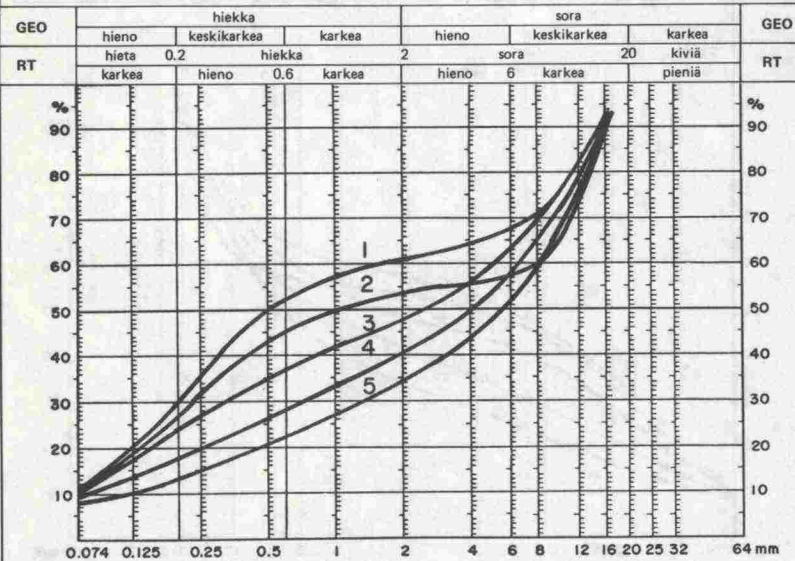
Asfalttibetoni Ab 12

K-AINES	Käyrä ja seossuhde (paino-%)									
	1		2		3		4		5	
KF	7	6	6	6	6	5	5	5	4	4
Hk I	-	-	-	-	-	25	20	-	10	-
Hk II	43	49	50	45	14	11	-	-	-	-
MS 0-12	34	-	-	10	80	-	-	73	-	72
M 0-12	-	35	-	-	-	59	75	22	80	-
S 6-16	16	10	44	39	-	-	-	-	6	24



Käyrä n:o	Rakeisuus (läp.-%)			Sideainepitoisuus (paino-%)		
	0,074	2	8	B-80	B-120	B-200
1	12	64	82	7,3	7,1	-
2	11	57	71	7,2	7,0	-
3	10	55	81	7,0	6,8	6,6
4	9	45	75	6,6	6,4	6,2
5	8	37	68	6,3	6,1	5,9

K-AINES	Käyrä ja seossuhde (paino-%)									
	1		2		3		4		5	
KF	6	5	6	8	7	6	6	6	4	4
Hk I	-	-	-	48	-	-	-	12	7	-
Hk II	41	46	44	-	12	22	-	-	-	-
MS 0-16	30	-	-	-	66	-	75	-	-	68
M 0-16	-	30	10	-	-	66	-	74	76	-
S 8-20	23	19	40	44	15	6	19	8	13	28

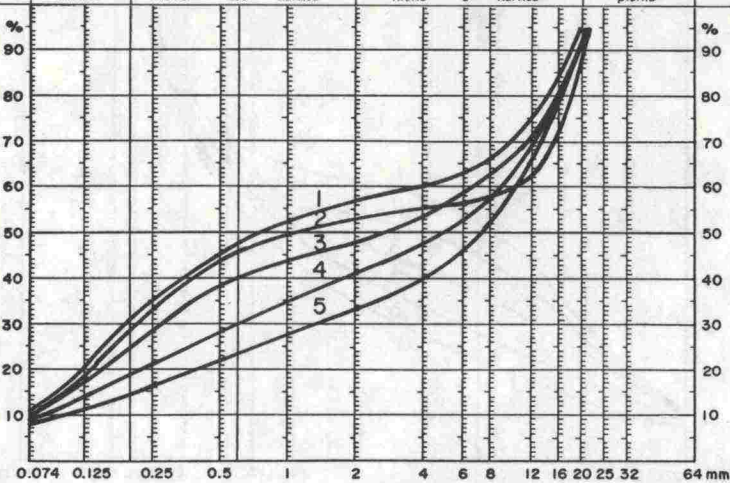


Käyrä n:o	Rakeisuus (läp.-%)			Sideainepitoisuus (paino-%)		
	0,074	2	8	B-80	B-120	B-200
1	11	61	71	7,2	7,0	-
2	11	54	60	7,0	6,8	6,6
3	10	48	69	6,7	6,5	6,3
4	9	40	65	6,3	6,1	5,9
5	8	34	60	6,0	5,8	5,7

Asfalttibetoni Ab 20

K-AINES	Käyrä ja seossuhde (paino-%)									
	1		2		3		4		5	
KF	6	5	5	5	6	5	4	4	3	3
Hk I	-	-	-	-	-	-	-	26	15	-
Hk II	33	40	38	40	21	30	8	-	-	11
MS 0-20	45	-	20	-	56	-	73	-	-	-
M 0-20	-	46	-	23	-	58	-	60	75	81
S 12-20	16	9	-	-	17	7	15	10	-	-
S 12-25	-	-	37	32	-	-	-	-	7	5

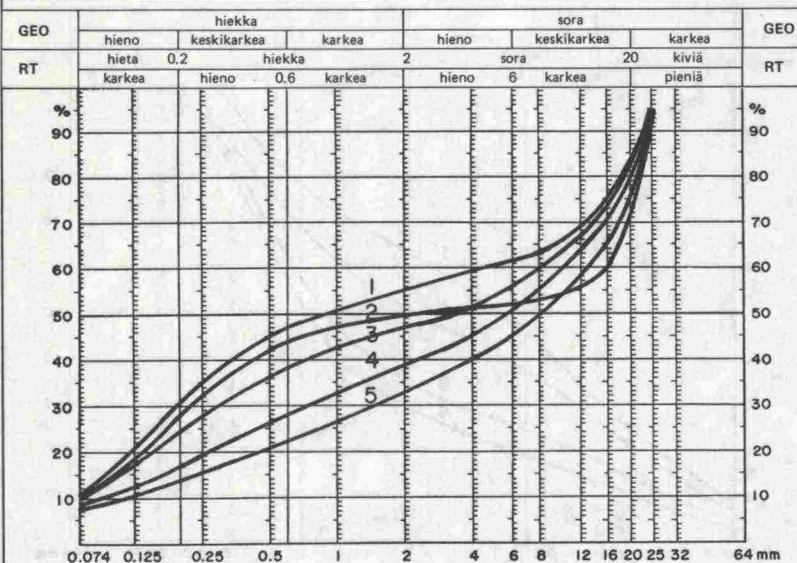
GEO	hiekkä				sora				GEO
	hieno	keskikarkea	karkea		hieno	keskikarkea	karkea		
RT	hieta	0.2	hiekkä		2	sora		20	RT
	karkea	hieno	0.6	karkea	hieno	6	karkea	pieniä	



Käyrä n:o	Rakeisuus (läp.-%)			Sideainepitoisuus (paino-%)		
	0,074	4	12	B-80	B-120	B-200
1	11	60	75	6,5	6,4	6,3
2	10	55	62	6,4	6,3	6,2
3	10	53	71	6,2	6,1	6,0
4	9	48	69	5,9	5,8	5,7
5	8	40	68	5,7	5,6	5,5

Asfalttibetoni Ab 25

K-AINES	Käyrä ja seossuhde (paino-%)									
	1		2		3		4		5	
KF	6	5	5	5	5	5	4	3	3	3
Hk I	-	-	-	-	-	-	6	24	-	19
Hk II	34	40	40	40	21	29	-	-	-	-
MS 0-25	40	-	12	-	56	-	74	-	78	-
M 0-25	-	41	-	16	-	56	-	60	-	60
S 15-30	20	14	43	39	18	10	16	13	22	18

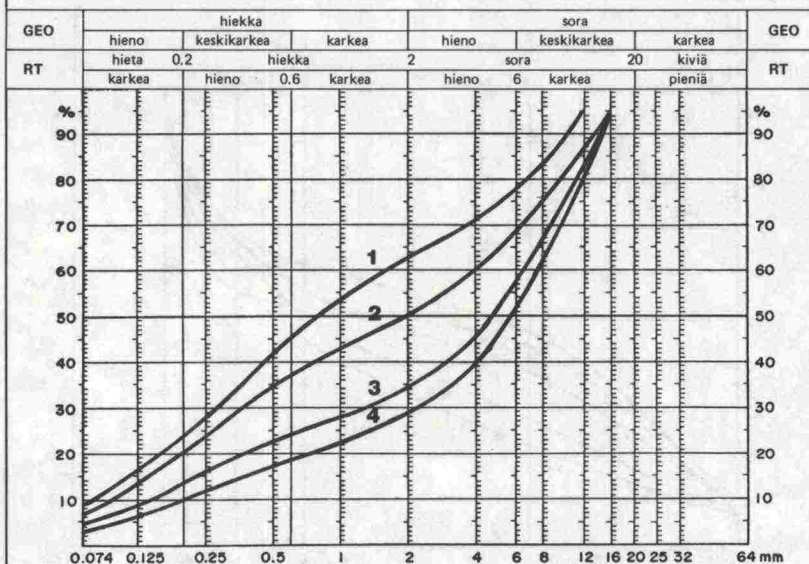


Käyrä n:o	Rakeisuus (läp.-%)			Sideainepitoisuus (paino-%)		
	0,074	4	12	B-80	B-120	B-200
1	11	59	69	6,5	6,4	6,3
2	10	51	56	6,3	6,2	6,1
3	10	51	67	6,1	6,0	5,9
4	9	45	64	5,8	5,7	5,6
5	8	40	58	5,6	5,5	5,4

Kevyen liikenteen väylät
Asfalttibetoni Ab 12 ja Ab 16

LIITE 10

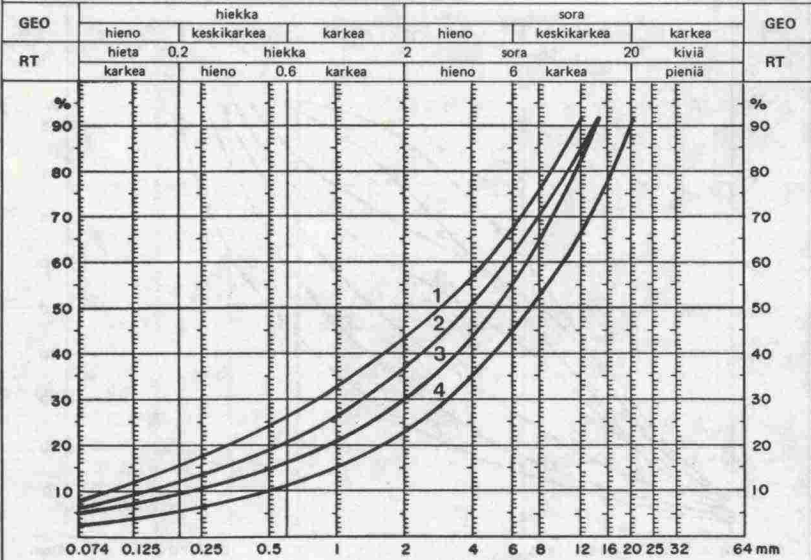
K-AINES	Käyrä ja seossuhde (paino-%)			
	1	2	3	4
KF	5	3	-	-
Hk I	30	-	-	-
Hk II	-	7	10	-
MS 0-12	65	-	-	-
M 0-12	-	-	-	-
MS 0-16	-	90	-	-
M 0-16	-	-	90	100



Käyrä n:o	Rakeisuus (läp.-%)			Sideainepitoisuus (paino-%)	
	0,074	2	8	B-120	B-200
1	9	63	84	6,0	5,8
2	7	50	76	5,5	5,3
3	5	34	68	5,2	5,0
4	3	29	63	4,8	4,7

Kiviaines

Murskesora tai murske 0-12, 0-16 tai 0-20 mm



Käyrä n:o	Rakeisuus (läp.-%)			Sideainepitoisuus (paino-%)
	0,074	2	8	
1	7	44	76	4,5
2	6	37	70	4,3
3	5	30	65	4,2
4	3	23	53	4,0

Tasausmassa Tas

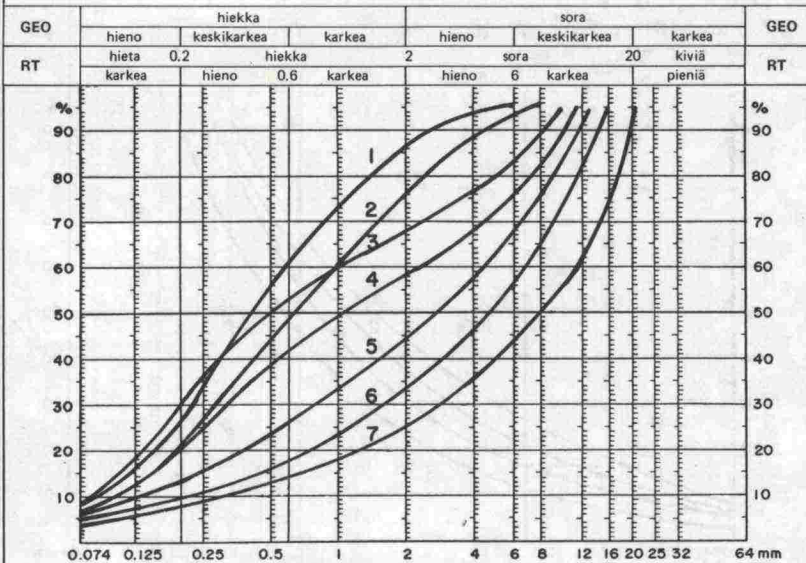
Kiviainesseos

Hiekka, enintään

60 paino-%

Sepeli tai murskesora, vähintään

40 - " -



Käyrä n:o	Rakeisuus (läp.-%)			Sideainepitoisuus (paino-%)		
	0,074	2	8	B-80	B-120	B-200
1	8	87	100	5,7	5,5	5,4
2	7	76	95	5,6	5,4	5,3
3	8	67	89	5,6	5,4	5,3
4	7	58	82	5,3	5,2	5,0
5	6	44	75	5,1	4,9	4,7
6	5	34	65	4,7	4,6	4,5
7	4	25	50	4,5	4,3	4,2

Bitumisora BS ja bitumihiekka BH

Kiviainesseos

Bitumisora

Bitumihiekka

Hiekka tai sora, enintään

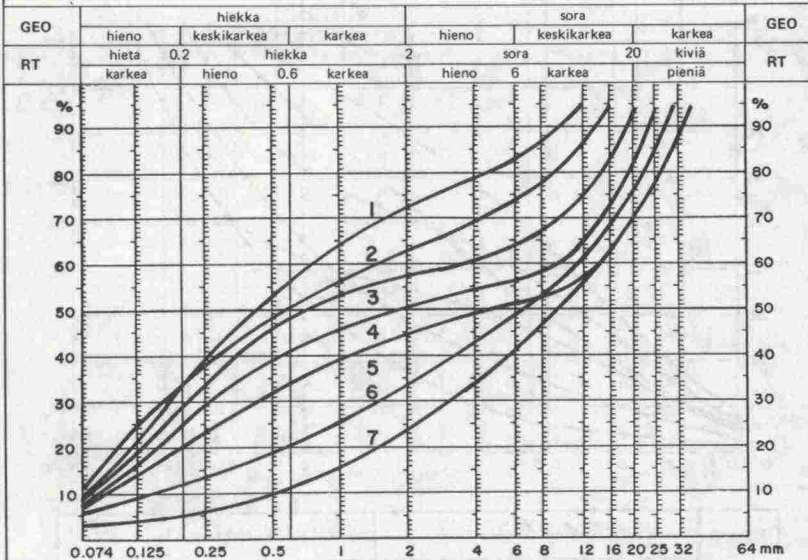
25

80 paino-%

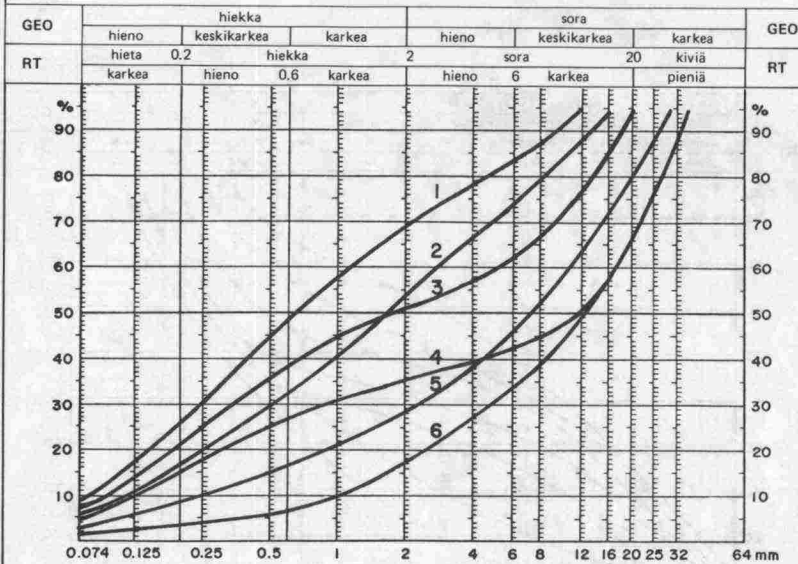
Murske tai murskesora, vähintään

35

20 - " -



Käyrä n:o	Rakeisuus (läp.-%)			Sideainepitoisuus (paino-%)		
	0,074	4	12	B-65	B-80	B-120
1	11	78	95	6,2	6,0	5,8
2	10	68	86	6,0	5,8	5,7
3	9	60	75	5,8	5,6	5,5
4	8	54	65	5,5	5,4	5,3
5	7	48	57	5,2	5,1	5,0
6	6	42	61	4,9	4,7	4,6
7	3	34	55	4,6	4,4	4,2

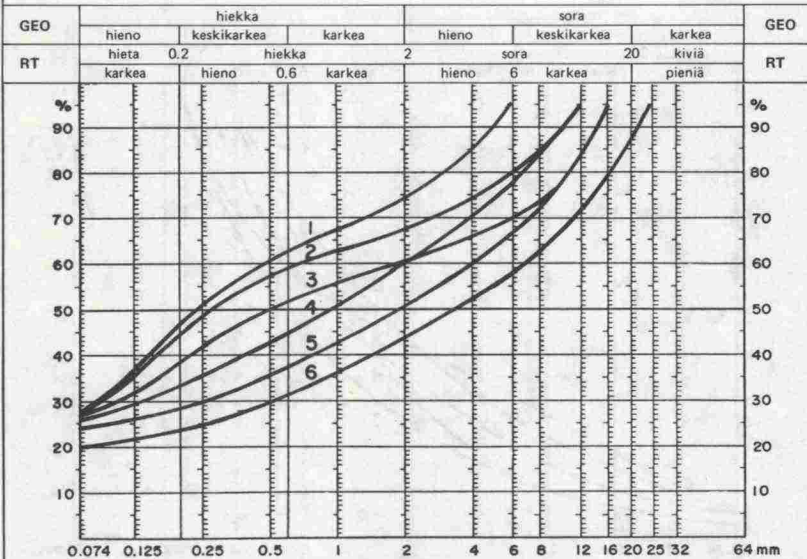


Käyrä n:o	Rakeisuus (läp.-%)			Sideainepit. (paino-%)	
	0,074	4	12	B-65	B-80
1	9	78	95	4,5	4,3
2	6	67	88	4,2	4,0
3	8	58	77	4,3	4,1
4	5	40	50	3,9	3,9
5	3	38	63	3,7	3,6
6	2	28	49	3,6	3,5

Kiviainesseos

Täytejauhe, vähintään	20 paino-%
Hiekka, enintään	40 - " -
Sepeli tai murskesora, vähintään	40 - " -

Päällysteen kulutuskestävyyden parantamiseksi käytetään luonnon-asfalttia (Trinidad Epuré) 20...30 % sideaineen painosta.



Käyrä n:o	Rakeisuus (läp.-%)			Sideainepitoisuus (paino-%)			1)
	0,074	2	8	B-45	B-65	B-80	
1	28	74	100	9,8	9,6	9,4	
2	28	67	85	9,6	9,4	9,2	
3	27	60	73	9,4	9,2	9,0	
4	26	60	84	9,0	8,8	8,6	
5	25	50	72	8,2	8,0	7,8	
6	20	44	62	7,8	7,6	7,4	

1) Massasta uutettuna

2) Tai bitumin ja luonnonasfaltin seos

Kiviaines

Murskesora tai murske

Tieöljyn tartukepitoisuus

kuivattu
kiviaineskuivaamaton
kiviaines

diamini

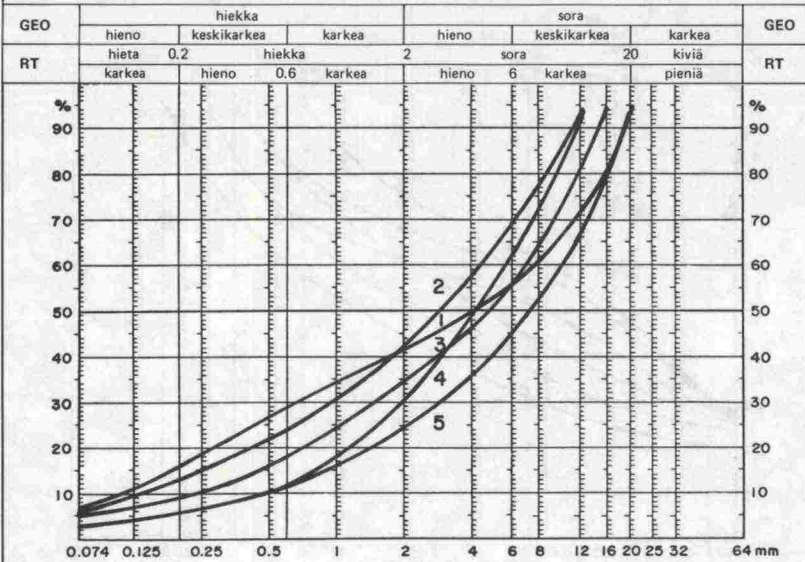
0,5

0,8

mono- ja diaminin seos

0,8

1,2



Käyrä n:o	Rakeisuus (läp.-%)			Sideainepitoisuus (paino-%)
	0,074	4	12	
1	7	50	71	3,6
2	6	58	95	3,5
3	5	46	80	3,4
4	3	49	95	3,3
5	3	35	65	3,2

